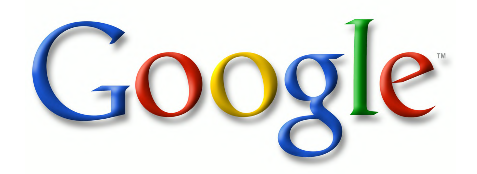
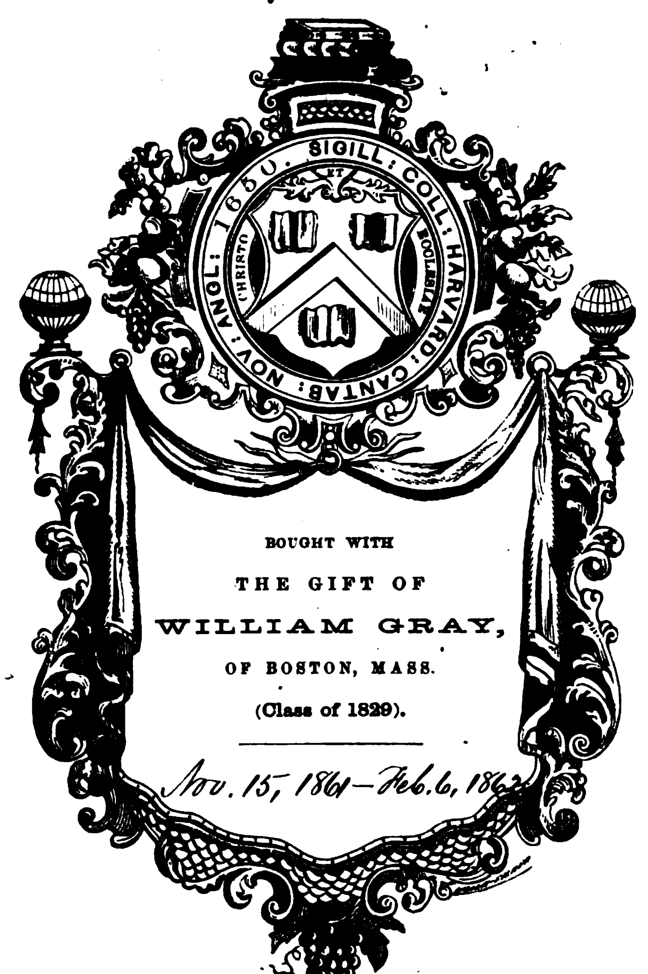



SIGILL: COLL: HARVARD: CANTAB: NOV: ANGL: 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE







SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

DREIUNDVIERZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1861.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

XLIII. BAND. II. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1861. — HEFT I BIS V.

(Mit 11 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1861.

INHALT.

For the year $10.80

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physische Geographie und Astronomie.



I. SITZUNG VOM 3. JÄNNER 1861.

Freiherr von Wüllerstorf und Urbair, Commodore in der k. k. österreichischen Kriegsmarine, dankt mit Schreiben vom 22. December 1860 für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Eingesendet wurden folgende Abhandlungen:

„Über die fossile Gattung *Acicularia* d'Arch.“ von Prof. Reuss in Prag.

„Über die Eigenschaften einiger bestimmten Integrale“ von Dr. A. Winckler in Gratz.

„Bestimmung der Lage eines beliebigen Punktes auf dem Felde nach der als bekannt vorausgesetzten Lage dreier anderer Punkte“ von Prof. K. Breymann in Mariabrunn.

Der Secretär theilt der Classe mit, dass für die am 30. Mai 1857 ausgeschriebene astronomische Preisfrage: „Es sind möglichst „zahlreiche und möglichst genaue photometrische Bestimmungen „von Fixsternen in solcher Anordnung und Ausdehnung zu liefern, „dass der heutigen Sternkunde dadurch ein bedeutender Fortschritt „erwächst“, drei Bewerbungsschriften rechtzeitig, d. i. vor dem 1. Jänner 1861, eingesendet wurden, und zwar:

a) Die erste von Berlin mit dem Motto: „*Δεῖ ἐλευθέριον εἶναι τῇ γνώμῃ τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν*“.

b) Die zweite von München mit dem Motto: „*Gutta cavat lapidem*“.

c) Die dritte von Speyer mit dem Motto:

„Ich messe mit scharfem Maass das Licht aller Sterne des Himmels von der glänzendsten Sonne bis zu dem schwächsten Lichtpunkt“.

Endlich macht der Secretär eine vorläufige Mittheilung über das neueste Verfahren von Carré, Eis im Grossen mit sehr geringen Kosten zu erzeugen, die er einem Privatschreiben des Herrn Sectionsrathes Ritter von Schwarz in Paris entnimmt. Der Secretär hofft der Classe die Versuche selbst mit einem Originalapparate von Carré, den Herr von Schwarz für denselben zu besorgen so gefällig war, zeigen zu können.

Herr Director Kreil liest ein Schreiben des österreichischen Reisenden, Herrn Hauptmanns Karl Friesach, über dessen Aufenthalt in Süd-Amerika und namentlich über die in Brasilien von ihm ausgeführten magnetischen und geographischen Bestimmungen.

Herr Dr. Reitlinger, Assistent am k. k. physikalischen Institute, überreicht eine Abhandlung: „Über die Schichtung des elektrischen Lichtes", nebst einer „vorläufigen Note über die Lichtenberg-schen Figuren in verschiedenen Gasen".

Herr Dr. Mach legt eine Abhandlung vor: „Über das Sehen von Lagen und Winkeln durch die Bewegung des Auges. Ein Beitrag zur Psychophysik".

Herr Dr. Adolph Weiss übergibt eine Abhandlung: „Über die Abhängigkeit der Liniendistanzen im Spectrum des Gases der Untersalpetersäure von der Dichte desselben".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin, Abhandlungen aus dem Jahre 1859. Berlin, 1860; 4°.

— der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München, Sitzungsberichte 1860, Heft 3. München, 1860; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Fr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. N. R. XL. Band, 2. Heft, November. Leipzig und Heidelberg, 1860; 8°.

D'Archiac, A., Notice sur la vie et les travaux de P. A. Dufrénoy, suivie d'une liste bibliographique de ses publications. (Lue á la Société géologique de France, dans la séance du 21 mai 1860.) 8°.

Astronomical Journal, Nr. 139 & 140. — Vol. VI. Nr. 19 & 20. Cambridge, 1860; 4°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1284 — 1288. Altona, 1860; 4°.

Austria, XII. Jahrgang, LI. — LIII. Heft. Wien, 1860; 8°.

Cosmos, IXe Année, 17e Vol., 24e—26e Livraison. Paris, 1860; 8°.

Gazette médicale d'Orient, IVe année, Nr. 9. Constantinople, 1860; 4°.

Gesellschaft, Deutsche geologische, Zeitschrift. XII. Band, 1. Heft. Mit 7 Tafeln. Berlin, 1860; 8°.

— Physikalische zu Berlin, Die Fortschritte der Physik im Jahre 1858. XIV. Jahrgang, 1. und 2. Abtheilung. Berlin, 1860; 8°.

— Physikalisch-medizinische, zu Würzburg, Würzburger medizinische Zeitschrift. I. Band, 2., 3. und 4. Heft. Würzburg, 1860; 8°. — Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. I. Band, 2. Heft. Würzburg, 1860; 8°.

Gruber, Wenzel, Die supernumerären Brustmuskeln des Menschen. Mit 2 Tafeln. (Mémoires de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg. VIIe série, tome III, Nr. 2.) St. Petersburg, 1860; 4°.

Grunert, J. A., Archiv für Mathematik und Physik. XXXV. Theil. 2. und 3. Heft. Greifswald, 1860; 8°.

L'Hydrothérapie, Journal des eaux, rédigé par M. E. Duval. 2me année, fasc. 11. Paris, 1860; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, herausgegeben von G. F. Walz und F. L. Winckler. Band XIV. Heft 4 und 5. Heidelberg, 1860; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, X. Jahrgang, Nr. 36, XI. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1860 und 1861; kl. 4°.

Lotos, Zeitschrift für Naturwissenschaften, X. Jahrgang, November. Prag, 1860; 8°.

Marignac, C., Recherches chimiques et cristallographiques sur les fluozirconates. (Extrait des Annales de Chimie et de Physique, 3e serie, LX.) 8°.

Ministerium, k. k., des Innern, Das Wasser in und um Wien rücksichtlich seiner Eignung zum Trinken und zu anderen häuslichen Zwecken. (Nach dem Berichte der vom hohen Ministerium des Innern zum Behufe dieser Untersuchung eingesetzten Commission.) Wien, 1860; 8°.

Mittheilungen des k. k. Genie-Comité über Gegenstände der Ingenieurs- und Kriegs-Wissenschaften, Jahrgang 1860. V. Band, 4. Heft. Wien, 1860; 8°.

— aus Justus Perthes' geogr. Anstalt, 12. Heft. Gotha, 1860; 4°.

Nyst, H., Notice sur deux coquilles nouvelles du genre Crassatelle.
— Notice sur quelques Bulimes nouveaux ou peu connus. Avec

5 planches. — Description succincte d'un nouveau Mollusque marin des rives de l'Escaut. — Rapport sur la découverte d'ossemens fossiles faite à Saint-Nicolas, en 1859. — Sur des ossemens fossiles trouvés dans les environs de Saint-Nicolas. Communication de M. le docteur van Ramdonck — Sur une découverte d'ossements fossiles; notice de M. de docteur Scohy. (Extrait des Bulletins de l'Académie Royale de Belgique.) 8°.
— Notice sur une coquille du genre Cyrène extraite du puit artésien d'Ostende. (Extrait du Bulletin de la Société Paléontologique de Belgique, vol. 1r. 1858 à 1859.) 8°.

Schmarda, Ludwig K., Neue wirbellose Thiere, beobachtet und gesammelt auf einer Reise um die Erde 1853 — 1857. I. Band. Turbellarien, Rotatorien und Anneliden. 2. Hälfte. Mit 22 colorirten Kupfertafeln und mehreren hundert Figuren in Holzschnitt. Leipzig, 1861; 4°.

Société Paléontologique de Belgique, fondée à Anvers le 1r Mai 1858, Bulletin. Tome Ir, feuilles Nr. 1 à 5. Anvers, 1860; 8°.
— géologique de France, Bulletin, 2me série, tome XVIIe, feuilles 29—44. Paris, 1859 à 1860; 8°.

Society, the Zoological —, of London, Transactions. Vol. I—III. 1835, 1841, 1849. — Vol. IV, part 1—6. London, 1850—1859; 4°. — Proceedings. Jahrgang 1830—1838, 1840—1859 und 1860, part 1 & 2. London; 8°. — A Liste of the Fellows, annual Subscribers and honorary, foreign and corresponding Members. London, 1858; 8°. — The Charter, By-Laws and Regulations of the Zoolog. Soc. of London, incorporated March 27, 1829. London, 1860; 8°.

Wedl, C., Atlas der pathologischen Histologie des Auges. 2. Lieferung. Mit 6 Tafeln. Leipzig, 1860; 4°.

Wiener medizinische Wochenschrift, X. Jahrgang, Nr. 50—52. Wien, 1860; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, X. Jahrgang, Nr. 4 und 5. Gratz, 1860; 4°.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Dr. E. Erlenmeyer und Dr. G. Lewinstein, III. Jahrgang 1860, Heft 21 und 22. Erlangen, 1860; 8°.

Aus einem Schreiben des österreichischen Reisenden, Herrn Hauptmanns Karl Friesach, an Herrn Director Kreil.

Lissabon, am 24. November 1860.

Bald nach Absendung meines zweiten Heftes magnetischer Beobachtungen an die kaiserliche Akademie[1]), verliess ich das reizende Honolulu, in der Absicht nach den Marquesas-Inseln und von dort nach Tahiti zu segeln. Unterwegs hielten wir zu Napoopoo, wo ich sämmtliche magnetische Elemente bestimmte. Meine nächste Station war Hanamanú auf der Insel Hiwaoa oder Dominica (Marquesas-Gruppe). Am 28. Juni 1859 erreichten wir Tahiti, das ich nach einem 24tägigen Aufenthalte verliess um nach Valparaiso zu segeln, wo wir nach 36 Tagen ankamen. Unterwegs beobachtete ich die magnetische Abweichung so oft es anging. Da zur Zeit unserer Ankunft in Valparaiso (Ende August) die chilenische Cordillere noch stark verschneit und darum schwer zu passiren war, entschlossen wir uns, Herr Vaudry ein englischer Tourist und ich, zu einer Reise durch das Hochland von Peru und Bolivia.

Während meines langen Aufenthaltes in Südamerika hatte ich vielfach Gelegenheit, mich von der grossen Unsicherheit zu überzeugen, welche in diesem Erdtheile hinsichtlich der geographischen Positionen der bedeutendsten Orte noch herrscht. Als Belege will ich nur anführen, dass ich eben zwei erst in den letzten Jahren erschienene Karten von Südamerika vor mir habe, auf deren einen Arequipa

[1]) Abgedruckt im XXXVIII. Bande, S. 593 der Sitzungsberichte.

nördlich von La Paz verzeichnet ist, während die andere das Gegentheil zeigt; ferner, dass auf der neuen von Ondarza entworfenen Karte der Republik Bolivia, welche in sehr grossem Massstabe ausgeführt ist und gegenwärtig für die genaueste gilt, die Stadt La Paz um 6′ zu weit gegen Norden angegeben ist. Hiernach mögen die Längen oft um einen ganzen Grad fehlerhaft sein. Dies ist übrigens erklärlich, wenn man bedenkt, dass, namentlich in den Hochländern, wohin mathematische Instrumente schwer zu transportiren sind, die geographischen Positionen bisher grösstentheils nur nach dem ungefähren magnetischen Curse und der Meilendistanz bestimmt wurden, welche letztere wieder nur nach der Zeit, die zu deren Zurücklegung ein Maulthier im gewöhnlichen Reisetrab erfordert, geschätzt wird. Nicht minder unsicher sind die hypsometrischen Daten. Diese betreffend kann ich mich des Verdachts nicht erwehren, dass Pentland Unrecht that, seine ersten Angaben über die Höhe des Sorata und des Ilimani so bedeutend herabzusetzen; denn ich glaube nicht, dass irgend Jemand, der in kurzer Aufeinanderfolge die beiden Cordilleren gesehen hat, sich mit dem Gedanken vertraut machen könne, dass die Kolosse der östlichen Kette kaum höher sein sollten, als die Berge in der Umgebung von Arequipa, wie es nach der jetzt herrschenden Ansicht der Fall wäre. Ich glaube vielmehr, dass spätere genauere Untersuchungen, Pentland's ursprüngliche Angaben wieder zu Ehren bringen werden. Der bekannte englische Geolog David Forbes, welcher wenige Wochen nach mir jenes Hochland besuchte, versicherte mir, dass der Augenschein ihm dieselbe Ansicht aufgedrungen habe. Der Höhenwinkel, unter welchem der Ilimani von La Paz aus gesehen wird, gibt in Verbindung mit der Entfernung (nach Ondarza) wirklich eine Höhe von mehr als 12.000 Par. Fuss über dem Horizonte von La Paz, d. i. zwischen 23.000 und 24.000 Par. Fuss Seehöhe, wie Pentland's alte Angabe. Eine trigonometrische Höhenmessung des Ilimani liesse sich auf der Hochebene nächst La Paz sehr leicht ausführen, indem man da eine mehrere Meilen lange, fast horizontale, sehr günstig gelegene Grundlinie zur Verfügung hat. Wäre ich nicht während meines Aufenthaltes zu La Paz etwas unwohl gewesen, was mir die Lust benahm einige Tage und Nächte auf der eisig kalten Hochebene im Freien zuzubringen, so hätte ich diese Gelegenheit sicher nicht unbenützt gelassen. Barometrisch bestimmte ich in Peru und Bolivien eine grosse Menge von

Höhenpunkten. Wie es aber mit Barometern gewöhnlich geht, hielt auch das meinige nicht bis an's Ende jenes Ausfluges aus. Als ich einige Meilen vom Alto de Toledo, dem höchsten Punkte des Weges zwischen Puno und Arequipa entfernt war, stürzte mein Maulthier, in Folge dessen die Röhre zerbrach. Ich bedauerte dies hauptsächlich aus dem Grunde, weil ich mir vorgenommen hatte, den Misti, über welchen verschiedene Angaben existiren, barometrisch zu messen. Da aber dieses nun unmöglich geworden, gab ich die Besteigung auf, welche wegen des losen Aschensandes, woraus der ganze Berg zu bestehen scheint, ohnehin zu den allerbeschwerlichsten gehört. Dagegen nahm ich eine trigonometrische Messung vor, wozu ich mich einer Basis auf der Landstrasse von Arequipa nach Tingo bediente. Die Berechnung ergab 10.670 Par. Fuss über den grossen Platz von Arequipa. Die Bestimmung der Seehöhe Arequipa's setzte mich in einige Verlegenheit, da in der grossen über 40.000 Einwohner zählenden Stadt auch nicht ein einziges Barometer mit unversehrter Röhre aufzutreiben war. Ich nahm daher meine Zuflucht zu dem Torricellischen Versuche, den ich mehrmals immer nahezu mit demselben Resultate wiederholte. Der Vergleich mit dem Barometerstande an der Küste ergab 7818 Par. Fuss, — viel mehr als gewöhnlich angenommen wird. Hiernach betrüge die absolute Höhe des Misti 18.488 Par. Fuss.

Ich gebe hier meine Barometerbeobachtungen in Peru und Bolivien:

Beobachtungs-Ort	Thermometer Fahrenheit	Barom. Stand engl. Zoll	Seehöhe in Par. Fuss	Beobachtungs-Ort	Thermometer Fahrenheit	Barom. Stand engl. Zoll	Seehöhe in Par. Fuss
Arica	66·0	30·167	15	Chulluncayani .	48·0	18·440	12830
Tacna	62·2	28·133	1830	Santiago . . .	60·8	19·084	11980
Pachía	65·0	26·558	3360	San Andres . .	52·0	18·945	12090
Tacora { Palca . .	64·2	21·353	9100	Nasacara . . .	57·0	19·118	11920
Tacora { La Portada	56·1	19·186	11820	Surire	63·0	18·552	12720
Tacora { Alto de Guaylillus .	28·8	17·747	13740	Pacheta del R. Colorado . .	58·5	18·114	13330
Uchusuma . .	45·4	18·265	13050	Coniri	58·5	18·960	12150
Mauri	68·5	18·540	12730	Viacha	61·3	19·080	12780
Pacheta de Pailumane . .	56·0	17·765	13820	Alto de Potosí .	65·0	18·541	12740
				La Paz } Alameda .	60·0	19·616	11210

Beobachtungs-Ort	Thermometer Fahrenheit	Barom. Stand engl. Zoll	Seehöhe in Par. Fuss
La Paz: höchster Stadttheil	58·0	19·363	11520
La Paz: meine Wohnung	59·5	19·493	11410
Millocato . . .	63·6	22·490	7650
am Ilimani: Cotaña .	71·6	22·610	7500
am Ilimani: Hacienda Usi . .	71·0	21·050	9420
zwischen Cotaña u. Santiago . . .	58·0	19·488	11400
Santiago . . .	70·5	21·873	8390
am Fl. unterhalb Taca . . .	74·0	25·814	3950
Thal v. Yrupana	89·0	26·210	4300
am Eingang des Yungas . .	83·0	26·548	3970
Yungas: Yrupana .	66·4	24·152	6450
Yungas: Chulumani	73·0	24·524	6060
Yungas: am Wege .	75·0	23·324	7420
Yungas: Rio Tanampayo . .	84·8	26·413	4050
Yungas: Coripata .	69·0	24·569	5970

Beobachtungs-Ort	Thermometer Fahrenheit	Barom. Stand engl. Zoll	Seehöhe in Par. Fuss
Yungas: Coroico . .	66·1	24·416	6130
Yungas: Fluss nächst Coroico .	80·0	26·589	3880
Yungas: Sandillan .	61·9	23·794	6800
Yungas: höchst. Pkt. am Wege zw. Sand. u. Unduavi	59·5	19·970	11290
Unduavi . . .	48·3	20·695	10310
Pass v. Unduavi	39·5	17·285	14600
Tambillo b. Laja	52·0	19·070	12040
Cuesta von Laja	61·0	18·794	12430
Tiaguanaco . .	58·0	19·068	12060
Zollhaus am Desaguadero .	60·0	19·172	11920
Zepita	58·0	19·075	nahe an 12000
Copacabana .	55·6	19·086	
Pomata . . .	63·0	19·043	
Acora	61·0	19·146	
Puno	55·2	19·141	
Titicaeaspiegel	65·0	19·152	11930
Vilque	54·0	18·960	12150
Arequipa . .	72·5	22·480	7820

Ich lasse nun meine letzten magnetischen und geographischen Bestimmungen folgen. Die denselben zu Grunde liegenden Beobachtungen werde ich gelegenheitlich an die kaiserliche Akademie senden.

Beobachtungs-Ort	Geographische Breite	Westl. Länge von Greenwich	Magnetische Decl.	Magnetische Incl.	Magnetische hor. Int.	Magnetische tot. Int.
Napoopoo	+19°28'0	10h23m44s	— 8°45'	+39° 0'	3·106	3·997
Hanamanú	— 9 44·3	9 16 56	4 55	—18 45	3·568	3·768
Papeiti	17 32·2	9 58 4	6 54	28 43	3·412	3·891
Tacna	18 1·2	4 39 50	11 7	12 46	3·040	3·117
La Paz	16 30·1	4 32 21	10 30	8 38	3·058	3·093
Copacabana . . .	16 10·1	4 35 6	—	—	—	—
Puno	15 50·3	4 39 56	10 44	7 58	3·090	3·120
Arequipa	16 24·0	4 46 30	12 17	10 0	3·065	3·113

Beobachtungs-Ort	Geographische Breite	Westl. Länge von Greenwich	Magnetische			
			Decl.	Incl.	hor. Iht.	tot. Int.
Santiago de Ch.	—33°26'4	4h 42m 33s	—15°51'	—	2·946	3·606
Yungai	33 26·5	4 42 48	16 28	—35°12'	2·956	3·618
St. Rosa de l. Andes	32 50·0	4 42 28	18 21	34 22	2·936	3·557
Uspallata	32 35·8	4 36 39	—	—	—	—
Mendoza	32 52·8	4 33 54	16 13	33 33	2·928	3·513
San Luis	33 18·2	4 24 38	—	—	—	—
Rosario	32 56·8	4 2 44	11 14	30 31	2·668	3·096
Paraná	31 44·2	4 2 0	11 37	29 3	2·837	3·245
Corrumbá	18 59·6	3 47 28	8 6	8 0	2·909	2·936
Asuncion	25 16·5	3 50 0	8 27	18 4	2·855	3·003
Buenos Aires	34 36·2	3 53 5	11 4	32 14	2·817	3·330
Salto	31 23·1	3 50 17	10 5	26 56	2·817	3·158
Montevideo	34 54·6	3 44 15	9 58	31 22	2·803	3·283
Rio de Janeiro: Tijuca	22 58·3	2 52 45	+ 1 26	12 7	2·764	2·827
Rio de Janeiro: Cattete	22 55·4	2 52 13	1 16	11 58	2·747	2·809
Santa Catharina	27 35·2	3 14 12	— 3 0	19 38	2·750	2·920

Unter obigen Längenangaben ist diejenige für Santiago von Dr. Mösta bestimmt, alle übrigen sind aus meinen eigenen Beobachtungen abgeleitet, und zwar: die Längen von Papeiti, Arequipa, Rosario und Cattete aus Meridiandurchgängen des Mondes und benachbarter Sterne, diejenige von La Paz aus einem Meridiandurchgange des ☾ allein, diejenige von Hanamanú aus Monddistanzen, die anderen blos aus den Chronometerständen. In La Paz konnte ich wegen der nebeligen Nächte niemals die Culmination eines Mondsternes beobachten, und versuchte darum die Länge aus der ziemlich genau bekannten mittleren Zeit der ☾ Culmination zu bestimmen. Ich glaube, dass in ähnlichen Fällen diese Methode immerhin besser ist, als eine blosse Schätzung, indem unter der Voraussetzung, dass der Uhrstand um 1s unsicher wäre, der hieraus entstehende Fehler in der Länge doch nicht mehr als $\frac{1^h}{150}$ bis $\frac{1^h}{100}$, d. i. 6 — 9 Bogenminuten beträgt. Die Länge (in Stunden ausgedrückt) ergibt sich aus den Formeln:

$$\lambda = \frac{t_0 + \rho T' - a}{m - 9\cdot8565} = \frac{\rho\,(T' - T)}{m - 9\cdot8269\,\rho}, \text{ wo}$$

λ = Länge von Greenwich.

t_0 = Greenw. Sternzeit im Greenw. mittl. Mittage.

T = Greenw. mittl. Zeit der Culm. des ☾ zu Greenw.
T' = mittlere Ortszeit der beobachteten ☾ Culm.
a = Rectascension des ☾ im Meridian von Greenw.
m = Änderung der Rect. des ☾ in 1 Längenstunde.
ρ = Modulus zur Verwandl. eines in mittl. Zeit gegebenen Intervalles in Sternzeit.

Erst vor Kurzem entdeckte ich bei Durchsicht meiner Schriften, dass sich bei der Berechnung der Breite von Santa Rosa de los Andes ein Schreibfehler eingeschlichen hat, welcher sich auf das Resultat fortgepflanzt hat, und auch in meinem 2. Hefte, welches ich von Honolulu an die kais. Akademie einsandte, vorkommt. Es soll nämlich dort heissen:
Beteigeuze im Mer. Non. I = 304° 16′ 30″ anstatt: 304° 46′ 30″, woraus sich ergibt: φ = — 32° 49′ 26″ anstatt: — 32° 19′ 26″.

Über die Resultate meiner magnetischen Beobachtungen habe ich im Allgemeinen Folgendes zu bemerken:

Die beobachteten Declinationen stimmen in der Regel gut mit der auf den magnetischen Karten verzeichneten Isogonen überein. In der Nähe der Cordillere zeigen sich jedoch nicht unbedeutende Unregelmässigkeiten, welche mir zu beweisen scheinen, dass die Nachbarschaft dieses Gebirgszuges die östliche Abweichung verstärkt, und zwar auf beiden Abhängen.

Die grösste Änderung der Declination, im Laufe eines Tages, habe ich in Santiago beobachtet, wo dieselbe einmal 22″ betrug. Den an vielen Orten herrschenden Glauben an bedeutende locale Störungen, denen zufolge die Boussole zu geodätischen Aufnahmen unbrauchbar sein soll, habe ich, wie ich erwartete, nirgends bestätigt gefunden.

Die Inclinationsänderungen längs den Meridianen sind in ganz Südamerika sehr beträchtlich. Auf dem Paraguay und dessen Fortsetzung, dem Paraná, sind die Inclinationsänderungen den Breitenänderungen fast proportional und betragen nahezu das Doppelte der letzteren.

Die Minima der Intensität finde ich, sowohl an der Küste, als im Inneren, viel weiter gegen Süden, als bisher angenommen wurde. Werthe unter 3·00 habe ich erst vom 18. Grade (südliche Breite) südwärts gefunden. Die kleinste Intensität beobachtete ich zu Rio de Janeiro.

Während meines Aufenthaltes am Paraná und Paraguay erkundigte ich mich überall nach einer Meteormasse, welche, wie mir Herr Hofrath v. Haidinger brieflich mittheilte, erst in jüngster Zeit in der Umgebung von Corrientes gefallen sein soll, konnte aber Niemand finden, der um jenes Ereigniss wusste. Wohl aber erfuhr ich, dass sich im Gran-Chaeo, einige Tagreisen westlich von Corrientes, eine sehr grosse Meteormasse befindet, welche aber schon seit Menschengedenken dort liegt und schon mehrmals von Reisenden besucht worden ist. Es sollen sich auch Stücke davon in europäischen Cabineten befinden. Ich hatte keine Gelegenheit, diesen Ort zu besuchen, weil es mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, von der Ostseite aus dahin zu gelangen. Besser ist es den Weg über Cordova einzuschlagen.

Ich erinnere mich so eben, dass ich in einem früheren Briefe einmal des Umstandes erwähnte, dass innerhalb der Tropen, zu gewissen Jahreszeiten, in der Azimutalbewegung der Sonne zweimal im Laufe des Tages ein Wendepunkt stattfindet; allein es mag sein, dass ich mich damals nicht deutlich ausgedrückt habe. Wie ich später bemerkte, erhält man die Stundenwinkel jener Wendepunkte, indem man die Gleichung

$$\cot \omega = \frac{\cos \psi \cos s - \cot p \sin \psi}{\sin s}$$

nach s differentiirt und den Differentialquotienten $= o$ setzt. Dies führt zu der Gleichung

$$a) \ldots\ldots \cos s = \frac{\cot \psi}{\cot p} = \frac{\operatorname{tang} \varphi}{\operatorname{tang} \delta}.$$

Hieraus folgt $\varphi < \delta$, was bei gleichnamigem φ und δ, d. i. im Sommer, dann der Fall ist, wenn die ⊙ zwischen dem Zenith und dem sichtbaren Pole culminirt. Bei verschiedenen Zeichen von φ und δ finden zwar auch Wendepunkte Statt; weil aber dann $\cos s < 0$, folglich $s > 90°$ wird, während der halbe Tagbogen der ⊙ $< 90°$ ist, liegen dieselben unter dem Horizonte. Die Gleichung *a)* zeigt ferner, dass die von der Sonne an das Zenith und an den Pol gezogenen grössten Kreisbogen in den Wendepunkten rechte Winkel bilden.

Wie ich glaube, thut man in dem angegebenen Falle, behufs einer Azimut-Bestimmung mittelst der Sonne, am besten, indem man den Durchgang eines ⊙ Randes durch den Verticalfaden in der Nähe eines Wendepunktes beobachtet, darauf aus der Ortszeit der Beobachtung das Azimut ω der Sonne berechnet, und endlich die Angabe des Horizontalkreises um die Grösse

$$\frac{r \sin w}{\cos d \sin s},$$

wo r den Sonnenhalbmesser bedeutet, vermehrt oder vermindert, je nachdem man den einen oder den anderen Rand beobachtet hat, wodurch man die Angabe für das ⊙ Centrum im Augenblicke der Randbeobachtung erhält. Ich führe dies nur darum an, weil der Fall der Wendepunkte, bei der Sonne, in unseren Gegenden nicht vorkömmt, und desshalb leicht übersehen werden kann.

Über die Schichtung des elektrischen Lichtes.

Von **Dr. Edmund Reitlinger,**

Assistenten am kais. kön. physikalischen Institute.

Die elektrische Entladung in luftverdünnten Räumen ist, wie bekannt, von sehr schönen Lichterscheinungen begleitet, die seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen haben. Zu den schönsten dieser Erscheinungen gehört die vor acht Jahren von Grove entdeckte Schichtung. Es zerfällt nämlich unter gewissen günstigen Umständen das elektrische Licht in eine oft sehr grosse Anzahl dunkler und heller, mehr oder weniger schmaler Schichten. Die Erscheinung erregte in solchem Maasse das Interesse der Physiker, dass sie der Gegenstand einer grösseren Reihe von Abhandlungen geworden ist. Da dieselben den letzten Jahren angehören, so darf ich sie hier wohl als bekannt voraussetzen. Ich begnüge mich daher, meine Beobachtungen zu erzählen, welche zu einer Erklärung der Erscheinung als solcher, mindestens in den gewöhnlichen Fällen, geführt haben. Erst nach Auseinandersetzung dieser Erklärung sollen in Bezug auf dieselbe einige historische Bemerkungen folgen.

Viele der von Geissler in Bonn versendeten Röhren, von denen auch das physikalische Institut mehrere besitzt, bestehen aus einem sehr engen mittleren Theil und weiteren Endstücken. Schon im Farbeneindruck bemerkt man in der Regel einen auffallenden Unterschied zwischen dem Lichte in dem engen und in den weiteren Theilen. Bereits vor einem Jahre hat mich Herr Regierungsrath v. Ettingshausen darauf aufmerksam gemacht, dass diesem Farbenunterschiede auch ein Unterschied der Spectra entspricht. Mehrere dieser Röhren besitzen in ihren weiteren Theilen schön geschichtetes Licht, während der enge Theil ein ununterbrochenes Licht zeigt.

Die Gesammtheit der Untersuchungen, welche Plücker über Spectra des in verdünnten Gasen erzeugten elektrischen Lichtes

angestellt hat, schienen das Resultat zu ergeben, dass jedem Stoffe ganz bestimmte Spectral-Linien und Streifen entsprechen. Ich hielt es daher für interessant, zu untersuchen, ob die obenerwähnte Verschiedenheit der Spectra in den verschieden weiten Theilen der Geissler'schen Röhren von einer Verschiedenheit des Spectrums einer und derselben Substanz je nach der Weite der Röhre oder von einer Anordnung verschiedener Stoffe herrührt.

Eine von Geissler als Wasserstoffröhre bezeichnete hatte im engen Theile eine rothe, im weiten eine weissliche Farbe. Die Spectra waren in allen Linien verschieden. Der enge Theil zeigte die 3 Wasserstofflinien, der weite 5 von diesen völlig verschiedene Linien, von denen 3 heller als die 2 übrigen waren. Die Configuration dieser Linien schien mir mit der Configuration jener Linien sehr ähnlich, die ich im engen Theile einer von Geissler als Sauerstoffröhre bezeichneten noch neben den Wasserstofflinien gesehen hatte. Eine zur exacten Vergleichung zweier Spectra vom Herrn Regierungsrathe v. Ettingshausen an mehreren Instrumenten des physikalischen Institutes angeordnete Vorrichtung [1]) setzte mich in die Lage, diese Ähnlichkeit weiter zu verfolgen. Ein kleines rechtwinkliges Prisma bedeckt nämlich mit einer Kathetenfläche die Hälfte der Spalte, durch welche das Licht eindringt und sendet durch Reflexion an der Hypothenuse das von einer seitlichen Quelle herkommende Licht in dieselbe. Durch die unbedeckte Hälfte der Spalte dringt Licht einer direct vor derselben befindlichen Quelle ein. So ist man in der Lage, mit Schärfe zwei Spectra vergleichen zu können. Durch dieses Hilfsmittel constatirte ich, dass die obenerwähnte Ähnlichkeit Identität war. Die Vorsorge des Herrn Regierungsrathes von Ettingshausen hatte schon vor längerer Zeit für wissenschaftliche Zwecke und zur Belehrung der Eleven vom Glasbläser Schwefel den gewöhnlichen Geissler'schen ganz ähnliche Röhren anfertigen lassen, die unten ein Ansatzrohr haben, das in einer kleinen Fassung mit Hahn luftdicht eingekittet ist. Mit dieser Fassung lässt sich die Röhre auf einem Ansatzstücke festschrauben, das selbst wieder auf der Luftpumpe festgeschraubt werden kann, und durch einen Seiten-

[1]) Diesen so wie alle anderen hier angeführten Apparate überliess mir Herr Regierungsrath v. Ettingshausen zum Gebrauche mit dem Wunsche, eine möglichst vollständige Untersuchung dieses ganzen Gebietes zu veranlassen.

hahn beliebige Gase einströmen zu lassen gestattet. Diese Anordnung benützte ich, das Spectrum des weiteren Theiles der erwähnten Wasserstoffröhre mit dem Spectrum zu vergleichen, das ein von mir selbst eingeleiteter, durch eine Chlorcalciumröhre getrockneter Sauerstoff im verdünnten Zustande zeigte[1]. Der oben auseinandergesetzte Kunstgriff diente zur exacten Vergleichung. Ich constatirte in solcher Weise, dass wirklich im weiteren geschichteten Theile der Wasserstoffröhre Sauerstoff vorhanden und in diesem Theile der Röhre das eigentlich leuchtende war. Offenbar enthielt die Angabe Plücker's, dass es einerlei sei, ob man Wasserstoff oder Wasserdampf in eine Geissler'sche Röhre einleite, den Schlüssel in welcher Weise der beobachtete Sauerstoff in die Röhre kam. Die Angabe Plücker's scheint demnach auf den engen Theil der Röhre beschränkt werden zu müssen.

Die bisher erzählten Beobachtungen regten mich nun zu einer Vermuthung über die Natur des geschichteten Lichtes an, vor deren Auseinandersetzung ich einige Worte über die Natur des Wasserstoffes einschalten muss. Ich kann hier wieder die vielen Gründe als bekannt voraussetzen, aus denen Chemiker und Elektriker schon seit längerer Zeit auf eine metallische Natur des Wasserstoffes schliessen.

Aber vor kurzem erschien eine Mittheilung von Magnus, in welcher der berühmte Physiker den experimentellen Nachweis führt, dass bezüglich der Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität Wasserstoff von allen anderen permanenten Gasen sich wesentlich unterscheidet, und gleichzeitig es höchst wahrscheinlich macht, dass Wasserstoff sich in beiden Beziehungen analog einem Metalle verhält[2]. Indem ich diese vom gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nach dem Erwähnten äusserst glaubwürdige Annahme meinen Vorstellungen zu Grunde legte, schien mir durch obige Beobachtungen folgende Anschauungsweise des geschichteten Lichtes im weiteren Theile der Wasserstoffröhre begründet. Es schien mir, als seien hier beide Stoffe, Sauerstoff und Wasserstoff nämlich, zugegen, und durch den elektrischen Strom in abwechselnde Schichten von

[1] Eigenthümliche bei diesem Versuche beobachtete Fluorescenz-Erscheinungen, die für die Theorie der Fluorescenz-Erregung von Interesse scheinen, behalte ich einer späteren Mittheilung vor.

[2] Berliner Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften. Juli 1860.

Sauerstoff und Wasserstoff geordnet. Während die schlecht leitenden Sauerstoffschichten leuchten, bleiben die gut leitenden Wasserstoffschichten dunkel. Es versteht sich von selbst, dass diese Anschauungsweise auf jedes Gemenge besser und schlechter leitender Gase nur mit veränderten Stoffnamen eben so gut, als auf Wasserstoff und Sauerstoff passt. Durch die nun folgenden Versuche glaube ich die Richtigkeit dieser Anschauungsweise nachgewiesen zu haben.

Eine der erwähnten, von Schwefel verfertigten Röhren wurde auf der Luftpumpe befestigt, sorgfältig mit getrockneter Luft gefüllt, und während ein Ruhmkorff-Apparat schon in Thätigkeit gesetzt worden war, ausgepumpt. Ein von Dubosque verfertigtes Spectroskop ward benützt, die auftretenden Lichterscheinungen spectraliter zu analysiren. Als beim fortgesetzten Pumpen Licht sichtbar wurde, überzeugte mich die Abwesenheit einer jeden Spur der Wasserstoffstreifen vom gut getrockneten Zustande der Luft. Die Evacuation wurde fortgesetzt, bis die Barometerprobe einen Stand von circa $1\frac{1}{2}$ Millimetern zeigte. Im engen Theile waren namentlich die sämmtlichen Linien des Stickstoffspectrums nach Plücker's Beschreibung sehr schön sichtbar. In der ganzen Röhre war keine Spur von Schichtung, von der man auch bei den höheren Barometerständen bei der so gefüllten Röhre nicht das Geringste wahrnahm [1]. Ein, nach dem Muster der Doebereiner'schen Zündmaschine zusammengestellter Erzeugungsapparat für Wasserstoff wurde mit dem Gaszuleitungshahne auf der Luftpumpe in Verbindung gesetzt. Der Hahn wurde nur wenig geöffnet, so dass das Gas nur sehr langsam in die evacuirte Röhre einströmen konnte. Sehr bald wurde in den unteren Theilen der Röhre eine Schichtung bemerklich, in dem engen Theile der Röhre verdrängte langsam aufsteigend das rothe Licht des Wasserstoffes das mehr bläuliche des Stickstoffes, und nach kurzer Zeit waren auch die oben befindlichen, weiteren Theile der Röhre mit sehr fein geschichtetem Lichte angefüllt.

Das Spectroskop zeigte im engen Theile die drei Wasserstofflinien sehr hell nebst einem zurücktretenden, von der trockenen

---

[1]) Im Spectrum des weiteren Theiles fehlen einige Linien, die im engeren Theile vorhanden sind. Ich glaube diesen Unterschied dem Mitleuchten oder Nichtmitleuchten von Sauerstoffpartikelchen zuschreiben zu sollen. Ich fand aber noch nicht die Zeit, diese Ansicht näher zu prüfen.

Luft herrührenden Spectrum, das man auch in den weiteren geschichteten Theilen, aber ohne Wasserstofflinien wahrnahm. Liess man den Wasserstoff fort und fort nachströmen, so dass der Barometerstand auf 6 Millim., und etwas darüber stieg, so trat auch in dem engen, aus einem Stücke einer Thermometerröhre verfertigten Theile eine ausserordentlich feine und für das Auge sehr schöne Schichtung ein. Die rothe, für den Wasserstoff charakteristische Färbung verschwand beim Eintritte dieser Schichtung, und machte einer weisslichen Platz. Scharf begrenzt folgen feine schwarze und leuchtende Punkte aufeinander, und veranlassen durch ihren Anblick zur Bezeichnung der Erscheinung als Perlenschichtung. Von unmittelbarer theoretischer Bedeutung war es aber dass gleichzeitig mit dem Auftreten der Perlenschichtung die drei Wasserstofflinien verblassten, und nach Ausbildung der Perlenschichtung völlig verschwunden waren, während das übrige Spectrum blieb, ja wegen Abwesenheit der Wasserstofflinien sogar noch deutlicher hervortrat. Bedachte man, dass gleichzeitig der Barometerstand die Anwesenheit des Wasserstoffes zeigte, so war es unbedingt bewiesen, dass in diesem Falle die Schichtung auf Abwechslung von nicht leuchtendem Wasserstoffe und leuchtender trockener Luft beruht. —

Ich unterwarf nun zunächst das elektrische Licht in einem Torricelli'schen Vacuo der Beobachtung. Das Quecksilber selbst diente als eine Elektrode, ein eingeschmolzener Drath als zweite. Das Quecksilber war sehr gut ausgekocht worden. Ich nahm im Vacuo nur ein ungeschichtetes, weisses Licht wahr. Als ich aber ein sehr kleines Luftbläschen künstlich in das Vacuum brachte, so trat eine Schichtung zwischen sehr hellem und weniger hellem Lichte ein. Das Spectrum war aus dem des Quecksilbers und der Luft zusammengesetzt. Durfte ich meinem, durch eine längere Erfahrung geübterem Blicke trauen, so schienen mir, nach der Farbennuance, die helleren Schichten Quecksilberdampf, die weniger hellen Luft. Wurde der Strom geschwächt, und sonst für passende Richtung des Stromes und Dichtigkeit des Gasgemenges im Vacuo Sorge getragen, so sah man weite helle Schichten von beinahe dunkeln Räumen unterbrochen[1]). Durch Ver-

[1]) Gleichzeitig war auch der dunkle Raum zwischen dem Lichte am negativen Pole, und dem übrigen Lichte auffallend gross. Ich vermuthe nach dieser und einigen anderen Beobachtungen, dass er analog den dunkeln Schichten auf Anhäufung von leitender

änderung der Dichtigkeit des Gasgemenges, was durch Verbindung des 2. Armes des heberförmigen Barometers mit der Luftpumpe ohne Mühe geschah, wurde diese Schichtung bald von weissem durchflutenden Lichte überdeckt, bald trat sie wieder auf. Wurde die Schichtung sichtbar, so verblassten die Quecksilberlinien, während das übrige Spectrum nur um so deutlicher hervortrat. Das durchflutende weisse Licht liess sogleich die Quecksilberlinien wieder aufflammen. Die Analogie mit der Beobachtung bei der Perlenschichtung war unverkennbar.

Durch die bisher mitgetheilten Beobachtungen und Versuche scheint mir bereits völlig begründet zu sein, dass die Schichtung des elektrischen Lichtes, wie man sie in den gewöhnlichen Fällen wahrnimmt und durch Zusatz eines neuen Stoffes in einem ungeschichteten Lichte erzeugt, auf einer Trennung der beiden Stoffe in abwechselnde Schichten des einen und des andern Stoffes beruht, von denen sodann der schlecht leitende die hellen, der gut leitende die dunkeln Schichten bildet. Man kann daher eine ungeschichtete Entladung in eine mit geschichtetem Lichte sowohl durch Zusatz eines Isolators, der sodann die leuchtenden Theile bildet, als eines Leiters, der dunkle Zwischenräume einschaltet, verwandeln. Durch Benützung des letzteren Vorganges war ich im Stande die Perlenschichtung hervorzurufen. Die schärfere Ausbildung der Schichten und Anziehung derselben durch einen der Röhre genäherten Leiter erklärt sich gewiss in keiner andern Weise einfacher, als wenn die Schichtung auf Sonderung leitender und nicht leitender Stoffe beruht. Ebenso die Wirkung des Magnetes. Ja, in letzterer Beziehung dürfte umgekehrt die Kenntniss der materiellen Beschaffenheit der dunkeln und hellen Schichten das Studium der magnetischen Wirkungen auf vom Strome durchflossene Gase befördern.

Das Gesetz, dass die Körper, wenn Elektricität sie durchströmt, im umgekehrten Verhältnisse ihres Leitungswiderstandes

---

Materie beruht. Ich werde baldmöglichst durch dahin abzielende Versuche diese Vermuthung entweder zu bestätigen, oder zu verwerfen streben.

In ähnlicher Weise bin ich auch schon längere Zeit beschäftigt, den Unterschied des Lichtes am positiven und negativen Pole zu studiren, und glaube, dass sich derselbe in allen Fällen aus dem Unterschiede der Abreissung und aus der Anordnung in der Röhre befindlicher, verschiedener Gase wird erklären lassen.

erwärmt werden, daher in diesem Verhältnisse auch glühen und leuchten, genügt zu begreifen, dass, wo eben dunkle und helle Schichten sind, die ersteren aus leitenden, die letzteren aus nicht leitenden Substanzen bestehen. Es scheint gar nicht nöthig, mit Riess anzunehmen, die dunkeln Schichten leiten continuirlich, die hellen discontinuirlich, um die Abwechslung von Dunkel und Licht erklärlich zu finden. Anderseits verträgt sich jedoch die Annahme von Riess einer Abwechslung von continuirlicher und discontinuirlicher Entladung noch viel besser mit der Abwechslung gut leitender und schlecht leitender Substanzen als mit den von ihm aufgestellten Verdünnungen und Verdichtungen derselben Substanz. Sowohl Riess, als Morren, ferner Quet und Seguin suchten die Schichten durch die Analogie mit gewissen Erscheinungen an festen Körpern zu erläutern, die selbst nichts weniger als erklärt sind. Ich hoffe umgekehrt, diese Erscheinungen durch die bei den Schichten gewonnene Anschauungsweise erläutern zu können, namentlich auch durch Wiederholung der Versuche in verschiedenen Gasen bei mehr oder weniger verdünntem Zustande. Schon jetzt glaube ich beifügen zu sollen, dass die bekannten Grove'schen Ringe mit abwechselnder Oxydirung und Desoxydirung [1]), höchst wahrscheinlich durch abwechselnde Sauerstoff- und Wasserstoffschichten bewirkt werden.

Dass die Schichtung in den gewöhnlichen Fällen auf Stoffschichtung beruht, wurde, wie ich glaube, durch das Vorhergehende begründet. Ebenso halte ich es für begründet, dass bei einfachen Isolatoren keine Schichtung möglich ist, da ich bei Sauerstoff und Stickstoff eine ganze Scale der Verdichtung ohne eine Spur von Schichtung durchwandern konnte, innerhalb welcher die Schichtung bei zugeführtem Wasserstoffe alle Stadien zeigte. Ich halte es auch nach meinen Versuchen mit Quecksilber für höchst wahrscheinlich, dass bei einem einfachen leitenden Stoffe keine Schichtung eintritt. Doch wäre es möglich, dass in diesem Falle bei einer gewissen Verdünnung sich Schichten bilden, indem etwas der Anschauungsweise von Riess Entsprechendes stattfände. Sollte es sich so verhalten, so dürften die gefundenen Schichten den gewöhnlichen kaum ähnlich sein.

Die Erläuterung von Nebenumständen, welche mir bei meinen Versuchen auffielen und von denen ich einige schon in Anmerkungen

---

[1]) Grove, Correlation of physical forces p. 92.

erwähnte, glaube ich übergehen zu sollen, da sie sich nicht unmittelbar auf die Schichtung des elektrischen Lichtes beziehen und da die in den Anmerkungen nicht erwähnten durch die bekannten Theorien der Influenz, des elektrischen Leuchtens gasförmiger Stoffe [1]), der Stromtheilung im umgekehrten Verhältnisse des Leitungswiderstandes und der Erwärmung im umgekehrten Verhältnisse der Leitungsfähigkeit erklärt werden können.

Woher aber kommt es, dass die durchgehende Elektricität das Gasgemenge von leitenden und nicht leitenden Stoffen in abwechselnde Schichten der leitenden und nicht leitenden Stoffe ordnet? Ich kann hierauf noch keine völlig genügende Antwort geben. Unverkennbar scheint mir nur die Analogie dieses Verhaltens der Gasgemenge mit dem der Elektrolyten. Ich glaube, dass hier wie dort dieselbe wirkende Ursache thätig ist. Schon vor mehreren Jahren sprach sich Magnus gegen die Vorstellung aus, dass jeder Körper seine eigenthümliche, positive oder negative Elektricität habe, und setzte auseinander, wesshalb eine solche Annahme nicht zulässig sei [2]). Nachdem nun Magnus ferner nachgewiesen hat, dass Wasserstoff sich analog einem Metalle in Bezug auf die Elektricitätsleitung verhält, welches Resultat, obwohl es dieser Untersuchung zu Grunde lag, doch durch den Erfolg derselben neu bestätigt wurde, so ist das eigentliche Hinderniss hinweggeräumt, die Ursache der Elektrolyse in einer verschiedenen Einwirkung der Elektricität auf Leiter und Nichtleiter zu sehen, welche dieselben trennt, und vermöge des Artunterschiedes der positiven und negativen Elektricität die Abscheidung der leitenden Stoffe am einen Pole, der nicht leitenden am anderen veranlasst. Von diesem Gesichtspunkte für die Elektrolyse geleitet, der mir vor einigen Monaten beifiel, glaube ich in den Unterschieden leitender und nicht leitender Theilchen, sowie den Artunterschieden der positiven und negativen Elektricität die gemeinschaftliche Ursache für die Elektrolyse, für die Anordnung der Stoffe in Geissler-schen Röhren und für das geschichtete Licht in denselben vermuthen zu dürfen. Mit Prüfung dieser Anschauungsweise bin ich beschäftigt.

Hier will ich auch nochmals die anfangs gestellte Frage erwähnen, ob die Verschiedenheit der Spectra in den verschieden

---

[1]) Grove, Correlation of forces. p. 85—87.

[2]) Pogg. Ann. Bd. 102, pag. 42.

weiten Theilen der Geissler'schen Röhren von einer Verschiedenheit des Spectrums einer und derselben Substanz je nach der Weite der Röhre oder von einer Anordnung verschiedener Stoffe herrührt. In den Fällen, wo in den weiteren Theilen geschichtetes Licht sichtbar ist, wurde die Frage schon durch das Vorbergehende im Sinne der letzteren Ansicht entschieden. Nicht so scheint mir aber die Sache bei einer anderen Beobachtung zu stehen, die ich hier einschalten will. In einer Geissler'schen Originalröhre, welche mir sowohl in der äusseren Form als in dem Spectrum ihres engen Theiles der von Plücker als Jodroehre beschriebenen zu entsprechen schien, bemerkte ich in den weiten Theilen ein continuirliches, nur in der Mitte durch einige dunkle Streifen unterbrochenes Spectrum, während ich sowohl das Spectrum des Lichtes im engen Theile der Röhre als das des Flammenpunktes am positiven Pole wie alle anderen Spectra von Gasen in Geissler'schen Röhren discontinuirlich, mit sehr hellen und scharfen Linien und Streifen versehen fand. An der Übergangsstelle der engen und weiten Röhre sah man deutlich auch beide Spectra in einander übergehen. Es waren also den vibrirenden Molecülen im engen Theile nur bestimmte Wellenlängen, den Molecülen im weiteren Theile eine ganze Reihe von in einander continuirlich übergehender Wellenlängen möglich. Ob dieses mit der stärkeren Erwärmung der Molecüle im engen Theile, oder mit einer kräftigeren Wechselwirkung der stärker elektrisirten Theilchen in demselben zusammenhängt, wäre sehr interessant, scheint mir aber nur dann der Erforschung zugänglich, wenn man die Beobachtung willkürlich durch ein Experiment hervorrufen kann.

Ich versprach nach vollständiger Auseinandersetzung meiner Anschauungsweise der Schichten zum Schlusse noch über das Verhältniss derselben zu früheren Theorien einige historische Bemerkungen beizufügen. Am meisten Ähnlichkeit mit meiner Anschauungsweise finde ich in einer der zuerst aufgestellten Theorien der Schichtung. Die zwei ältesten Theorien waren nämlich die von Grove und die von Gaugain.

Nach Gaugain's Hypothese ist der erste Effect der elektrischen Kräfte materiell das Gasmedium in Schichten verschiedener Natur zu theilen, sodann entzündet der durchgehende Strom die brennbaren Stoffe, und diese brennenden Schichten erheben sich aus demselben Grunde, aus welchem die Flamme eines Herdes in der freien Luft

emporsteigt. Er glaubt daher die Schichten bedürfen „den Dampf einer brennenden Substanz“. Er schloss seine Hypothese namentlich aus den zwei Versuchen, dass die hellen Schichten im elektrischen Ei sowol durch die von der Luftpumpe ausgehende Aufsaugung, als auch durch einströmende Luft bewegt werden. Es bedarf kaum einer Bemerkung, dass diese Thatsachen so gut mit meiner, als der Theorie Gaugain's harmoniren. Die Unmöglichkeit durch die von Gaugain geforderte Verbrennung die andauernde Schichtung in Geissler-schen Röhren zu erklären, liess diese ganze Theorie verwerfen.

Grove's Theorie ward durch Gassiot widerlegt, daher ich sie hier übergehe. Gassiot selbst entwickelte in der Bakerian lecture von 1858 die Ansicht, die geschichtete Entladung entstehe „durch Impulse einer Kraft, welche auf sehr verdünnte, aber widerstehende Mittel wirkt“. Dieses bildet auch den ersten Theil der Erklärungsweise von Riess. Durch solche Impulse werden nämlich nach Riess verdichtete und verdünnte Luftschichten gebildet: „Dichtere Luft ist aber für continuirliche Entladung leitender als dünne, die Entladung wird desshalb in der dichteren Schichte lichtlos fortschreiten können, und erst wieder überspringen, wenn sie eine dünnere Schichte findet“.

Die dunkeln Stellen als besser leitende, die hellen Stellen als schlechter leitende zu betrachten, ist daher meiner Anschauungsweise mit der Theorie von Riess gemeinsam. Er erklärt aber durch verschiedene Dichte, ich dagegen durch Stoffverschiedenheit die verschiedene Leitungsfähigkeit. Morren's Theorie ist durch die Perlenschichtung widerlegt.

Übrigens bezwecken diese historischen Bemerkungen nichts anderes als den Leser über alles dasjenige au fait zu setzen, worin man Elemente meiner Anschauungsweise finden kann [1]).

Diese Anschauungsweise besteht aber, um sie nochmals kurz auseinander zu setzen, in folgendem: Die Schichtung des elektrischen Lichtes in Gasgemengen beruht auf einer Trennung derselben in abwechselnde Schichten von besser und schlechter leitenden Stoffen. Da schlechter leitende Stoffe durch den Durchgang des Stromes stärker

[1]) Aus diesem Grunde konnte ich die ausgezeichneten und wichtigen Abhandlungen Gassiot's nicht gebührend berücksichtigen.

erwärmt werden, als besser leitende, so werden innerhalb einer gewissen Stromstärke die ersteren leuchten, während die letzteren dunkel sind. —

Endlich füge ich noch einen Dank an Herrn Žerjau, Eleven des physikalischen Institutes bei, der mir bei mehreren meiner Versuche Hilfe geleistet hat.

Vorläufige Note über Lichtenberg'sche Figuren in verschiedenen Gasen.

Von Dr. Edmund Reitlinger,

Assistenten am kais. kön. physikalischen Institute.

Ich habe Lichtenberg'sche Figuren in vier Gasen: Luft, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure erzeugt, und kam dabei zu folgenden Resultaten: 1. Wie ich es für Luft und Wasserstoff schon in meiner Abhandlung „zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren" gezeigt habe, so verhalten sich die linearen Dimensionen der Figuren bei sämmtlichen obengenannten vier Gasen, wie die Schlagweiten in denselben, wenigstens so weit man es durch die Angaben Faraday's über die Schlagweiten, die grosse Fehlergrenzen haben, prüfen kann.

2. Die Configuration, namentlich der positiven Figuren ist in jedem der vier Gase ganz verschieden, und stimmt auffallend genau mit den Angaben Faraday's über das elektrische Lichtbüschel in denselben verschiedenen Gasen [1]).

3. Das Grössenverhältniss der positiven und negativen Figur in den vier Gasen entspricht genau dem Grössenverhältnisse der positiven und negativen Lichtbüschel, wie sie Faraday für die vier Gase angibt [2]).

Da die angewandten vier Gase sowohl in physikalischer als chemischer Beziehung gerade sehr verschieden sind, so ist es höchst wahrscheinlich, dass die angegebenen drei Resultate für sämmtliche Gase gelten.

---

[1]) Faraday, exp. res. al. 1455—1462.

[2]) Faraday, exp. res. al. 1476—1479.

Sämmtliche Resultate bestätigen die in meiner erwähnten früheren Abhandlung aufgestellte Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren. Ich bin beschäftigt, die Ursachen der *sub* 3 erwähnten, den Lichtenberg'schen Figuren und den Lichtbüscheln gemeinschaftlichen Grössenverhältnisse zu erforschen. Ich setze die Experimente auch noch in anderen Gasen fort, und hoffe, dass es mir in nicht gar langer Zeit möglich sein wird, eine detaillirte, mit Abbildungen versehene Mittheilung über Lichtenberg'sche Figuren in allen gewöhnlicheren Gasen der hohen kaiserl. Akademie vorlegen zu können.

Über den Gebrauch des Luftthermometers.

Von K. W. Knochenhauer.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 4. October 1860.)

Aus den in meiner letzten Abhandlung über das elektrische Luftthermometer (Sitzungsberichte Bd. XXXIX, S. 701) mitgetheilten Beobachtungsreihen stellte sich deutlich das Resultat heraus, dass nicht nur verschiedene Thermometer je nach ihrer Construction unter sonst gleichen Verhältnissen einen verschiedenen Gang der Erwärmungen einhalten, sondern dass auch dasselbe Thermometer je nach der Länge der Spiritussäule, nach der Neigung der Röhre und nach der in ihr enthaltenen Flüssigkeit (wobei selbst die Temperatur des Spiritus von Einfluss ist) nicht genau die gleichen Verhältnisszahlen angibt. Da ich schon früher, wenn auch nie so evident, diese Wahrnehmung zu machen Gelegenheit hatte, und mir dadurch ein gewisses Gefühl der Unsicherheit zurückblieb, so erschien es mir jetzt ganz unabweislich, den richtigen Gebrauch des Luftthermometers bei den verschiedenen Problemen aufzusuchen und diejenige Methode des Experimentirens zu bestimmen, welche, wenn auch nicht absolut genaue, doch die der Natur der Sache nach am meisten zuverlässigen Zahlen liefert. Ich habe den Sommer über nur die beiden Capitel von dem Widerstande der Dräthe und von der Stromtheilung durchnehmen können, und doch hat sich dabei das Material an Beobachtungen schon so sehr gehäuft, dass ich die Hauptreihen allein, welche die wichtigsten Anhaltspunkte liefern, vollständig, die anderen kurz nach ihren Resultaten angeben werde.

I. Widerstand der Dräthe.

Den Widerstand verschiedener Dräthe habe ich bis jetzt so bestimmt, dass bei gleicher Ladung der Batterie das Thermometer erst in dem meist nur aus stärkerem Kupferdrath gebildeten Schliessungsbogen, und dann zweitens nach Einschaltung des zu unter-

suchenden Drathes beobachtet wurde, was die Zahlen ϑ und ϑ' gab. Nach dem Satze, dass die Wärme unter sonst gleichen Verhältnissen proportional zum Widerstand abnimmt, wurde, wenn W den Widerstand des ursprünglichen Schliessungsbogens, w den Widerstand des eingefügten Drathes und C eine Constante bezeichnet, aus den beiden Gleichungen

$$\vartheta = \frac{C}{W} \text{ und } \vartheta' = \frac{C}{W+w}, \quad w = \frac{\vartheta - \vartheta'}{\vartheta'} W,$$

oder wenn man W als Einheit des Widerstandes annimmt, $w = \frac{\vartheta - \vartheta'}{\vartheta'}$ berechnet. Es mag dies Verfahren die Methode der gleichen Ladung heissen. Nach den in der citirten Abhandlung mitgetheilten Versuchen liefert diese Methode relativ richtige Werthe, wenn man mit demselben Thermometer bei gleicher Neigung der Röhre, bei gleicher Länge der Spiritussäule und bei gleicher Temperatur beobachtet; sie gibt dagegen unter einander abweichende Resultate, wenn diese Umstände sich ändern oder die Beobachtungen mit einem in seiner Construction mehr abweichenden Instrumente angestellt werden. Dazu stellt sich heraus, dass, welche Verhältnisse auch obwalten, der Widerstand des Drathes immer so gering ausfällt, dass man auf einen besondern Widerstand in der Batterie schliessen muss. Da gerade dieser letztere Umstand durch die unter einander abweichenden Zahlen der verschiedenen Thermometer bedenklich wurde, und der ungleiche Gang der Instrumente allein durch den Widerstand bedingt schien, welchen die sich schneller oder langsamer in der weitern oder engern Röhre bewegende Flüssigkeit erleidet, so tritt eine andere Methode ein, welche auf dem Satze beruht, dass die Wärme proportional zum Quadrate der Ladung oder mit andern Worten proportional zum Quadrate der Dichtigkeit der in der Batterie angesammelten Elektricität wächst, wobei die Thatsache, dass die beobachteten grösseren Zahlen im Verhältnisse zu den kleineren zu gering sind, einzig als Folge des Widerstandes in der Röhre, zum Theil auch als Folge der beginnenden Abkühlung angesehen wird. Nach diesem Verfahren, welches die Methode der gleichen Wärme heissen mag, hat man die Zahlen n und n' für die Ladung L der Batterie zu bestimmen, welche eine gleiche Erwärmung ϑ hervorbringen, sowohl wenn im constanten Schliessungsbogen als nach eingefügtem Drathe beobachtet wird. Da die Verschiebungen der Spiritussäule gleich

sind, also auch gleich gehemmt werden, so hat man $\vartheta = \frac{n^2 C}{W}$ und $\vartheta = \frac{n'^2 C}{W+w}$, also $w = \frac{n'^2 - n^2}{n^2} W$ oder, wenn man $\frac{\vartheta}{n^2} = \alpha$ und $\frac{\vartheta}{n'^2} = \alpha'$ nennt, $w = \frac{a - a'}{a'} W$. Das in beiden Fällen gleiche ϑ wird sich nur umständlich erreichen lassen; man kann also, wenn wie in der citirten Abhandlung Beobachtungen mit wachsender Ladung vorliegen, für ein bestimmtes n' durch Interpolation n ermitteln, man kann auch, wenn nur die Endtemperaturen der beiden Reihen nahe übereinkommen, α und α' durch $\frac{\vartheta}{n^2}$ und $\frac{\vartheta'}{n^{2'}}$ berechnen und aus sämmtlichen Beobachtungen das Mittel nehmen. Ich habe den Widerstand w' der verschiedenen Dräthe, welche in Thermometer III eingezogen waren, mittelst Interpolation berechnet und dabei den Widerstand $w + a$ oder den Widerstand des Drathes im Thermometer II und des constanten Theiles der Leitung $= 1$ gesetzt. Berechnet man zugleich den Widerstand w_0 dieses Drathes durch die Beobachtungen am Thermometer III, also für den Widerstand $w' + a$, so lässt sich aus der Gleichung $\frac{w}{w' + a} = w_0$ oder $\frac{w}{w' + 1 - w} = w_0$ der Werth von $w = \frac{(1 + w') w_0}{1 + w_0}$ ableiten, also abnehmen, ob die verschiedenen Reihen nicht nur zu demselben Werthe von w führen, sondern auch einen solchen Werth liefern, dass für $a = 1 - w$ eine Grösse übrig bleibt, welche dem constanten Theile der Leitung entspricht. Die Resultate dieser Berechnung enthält nebst den nach der Methode der gleichen Ladung gefundenen die folgende Tabelle, wobei nur zu bemerken ist, dass die Widerstände bei den geringeren Ladungen der Batterie etwas kleiner ausfielen als bei den stärkeren, die überhaupt vor Einfügung des Drathes von $n = 24$ bis $n = 48$ und nach Einfügung von $n = 24$ bis $n = 64$ gingen, d. h. von Abständen der Kugeln am Funkenmesser von 1·05 bis 2·25 und von 1·05 bis 3·05 Linien. Die in der ersten Columne unter Nr. enthaltenen Zahlen beziehen sich auf die in der citirten Abhandlung unter gleicher Nummer enthaltenen Reihen.

Nr.	nach der Meth. der gleichen Wärme			nach der Meth. der gleichen Ladung		
	w'	w_0	w	w'	w_0	w
28	0·90	0·89	0·90	0·82	0·82	0·82
29	0·90	0·89	0·90	0·81	0·82	0·82
31	1·67	0·52	0·91	1·49	0·48	0·81
33	1·64	0·53	0·91	1·46	0·47	0·79
35	0·99	0·81	0·89	0·88	0·74	0·80
36	1·00	0·82	0 90	0·90	0·74	0·81
{41	0·82	0·94	0·90	0·74	0·90	0·81
{52	0·83	0·98	0·90	0·73	0·86	0·80
{43	1·62	0·53	0·91	1·47	0·51	0·84
{49	1·65	0·53	0·92	1·45	0·50	0·82
{44	1·09	0·74	0·89	0·98	0·68	0·81
{51	1·07	0·78	0·91	0·96	0·72	0·82
45	1·69	0·52	0·92	1·48	0·47	0·80
{46	0·66	1·13	0·88	0·59	1·05	0·81
{50	0·70	1·15	0·91	0·60	0 95	0·78
{47	0·62	1·21	0·89	0·55	1·06	0·80
{53	0·61	1·28	0·90	0·53	1·01	0·77
48	1·28	0·69	0·93	1·14	0·63	0·83
			Mittel 0·904			Mittel 0·808

Der Werth $w = 0{\cdot}904$ gibt den Widerstand a des constanten Theiles (10′ Kupferdrath und Funkenmesser) $= 0{\cdot}096$, der nur wenig zu gross ist, wenn man von jedem Widerstand in der Batterie absieht; die Methode der gleichen Ladung macht schon $a = 0{\cdot}192$, also zu bedeutend, als dass man davon absehen könnte. Die erstere Berechnungsweise erhält dadurch eine bedeutende Stütze, dass auch die Beobachtungen mit den anderen Thermometern zu demselben Werthe führen, wogegen die zweite ziemlich abweichende Zahlen liefert. Hierher gehören zunächst die Versuche mit Th. III, als sein Behälter innen feucht war, und dadurch ein ganz abnormer Gang der Erwärmungen eintrat; dann die Versuche mit Th. I, V und IV. Man berechnet

Nr.		nach der Meth. der gleichen Wärme			nach der Meth. der gleichen Ladung		
		w'	w_0	w	w'	w_0	w
Th. III.	{11	0·91	0·91	0·91	0·82	0·96	0·89
	{12	0·92	0·91	0·91	0·87	0·96	0·91
Th. I.	16	0·79	1·08	0·92	0·68	0·84	0·77
Th. V.	78	0·95	0·87	0·91	0·80	0·73	0·75
Th. IV.	{75	0·86	0·85	0·85	0·76	0·70	0·72
	{76	0·84	0·90	0·87	0·75	0·69	0·71

Hier ist nur Thermometer IV auszuschliessen, bei welchem der engen Röhre wegen die Beobachtungen überhaupt unsicher waren, und wo auch die Ladungen der Batterie sich nicht so weit wie sonst erstreckten, um den Vorzug der ersten Methode zu erkennen.

Um diese Art von Beobachtungen weiter auszudehnen, wurde Thermometer V als das empfindlichste gewählt, und zwar um so mehr, als ich die Verwendbarkeit von feinerem Platindrath feststellen wollte. Der feinste Drath, den ich erhalten konnte, hat im Mittel aus acht Messungen mit einem Schiek'schen Mikroskop 0·0328 Linien Durchmesser; davon wurden 4 Zoll zwischen die Klemmen des Instruments gradlinig ausgespannt. Als Batterie dienten die Flaschenpaare $A + B$, und der constante Theil des Schliessungsbogens bestand aus 10′ K. (Kupferdrath von etwas über $1/2$ Linie Durchmesser). Es zeigte sich bald, dass mit diesem feinen Drathe nicht sicher genug experimentirt werden konnte, da sich die Angaben, namentlich wenn zuvor stärkere Ströme durch den Drath gegangen waren, in auffallender Weise änderten; auch ging der Spiritus fast zu schnell herab, wesshalb eine Länge der Säule von 11 Zoll genommen werden musste. Th. II gab nach der Methode der gleichen Wärme berechnet den Widerstand dieses Drathes = 1·56 — 1·64 — 1·40 — 1·64, im Mittel = 1·56 und waren beide Instrumente zugleich in den Schliessungsdrath eingeschaltet, so waren in Th. V im Mittel 3·59 mal grössere Zahlen. — Es kam nun zunächst darauf an, den Gang der Erwärmungen in diesem Thermometer festzustellen. Es wurde also die Ladung L der Batterie, die wie bisher aus dem Abstand der Kugeln am Funkenmesser hergeleitet wurde, von $n = 9$ bis $n = 30$ gesteigert, d. h. die Kugeln wurden von 0·30 — 1·35 Linien auseinander gerückt; dann wurde bei jedem Abstand, wie später überall, dreimal beobachtet, je zweimal bei zunehmender, je einmal bei abnehmender Entfernung der Kugeln, und aus den drei Zahlen das Mittel für ϑ genommen; endlich wurde α aus $\frac{\vartheta}{n^2}$ berechnet, dieser Werth jedoch, um die vielen Decimalen zu vermeiden, in seinem hundertfachen Betrage in die Columne eingetragen, wie dies später ebenfalls immer geschehen wird. Es ergab sich:

$L.$	ϑ	α	α_0
9	4·6	5·68	12·78
12	8·3	5·77	10·25
15	12·3	5·47	8·54
18	17·1	5·28	7·64
21	22·1	5·01	6·82
24	29·1	5·05	6·60
27	35·5	4·87	6·16
30	42·2	4·69	5·79

Der Werth von α fällt mit steigender Ladung, denn 29·1 bei $n = 24$ ist etwas zu gross, da, wie bemerkt, die Beobachtungen keine ganz genügende Sicherheit darboten.

Man kann sich diese Abnahme durch den vermehrten Widerstand in der Röhre erklären, denn so viel steht fest, dass alle Thermometer, wenigstens alle die, welche ich besitze, eine ähnliche Abnahme zeigen; nur Thermometer III, als es im Innern feucht war, gab im Anfange der Reihe die kleinen Zahlen zu gering an, hernach ging es ebenfalls in den gewöhnlichen Gang über. Es frägt sich aber, ob die Zahlen für n richtig sind. Dass die in die Batterie eingebrachte Elektricität, ehe der Funken überschlägt, durch die angegebenen Zahlen ausgedrückt wird, ist nach den mit den meinigen übereinstimmenden Versuchen des Herrn Rijke jetzt unbestritten, ebenso sicher ist es nach meinen Beobachtungen, dass der Rückstand in der Batterie der eingeführten Elektricität proportional ist, so dass die Zahlen der sich entladenden Elektricität nur eine andere Elektricitätseinheit haben, als die der eingeführten; dagegen meint Herr Riess, wenn ich anders seine Worte richtig verstanden habe, dass durch ein Glimmen die Dichtigkeit der in der Batterie enthaltenen Elektricität so weit zurücksinkt, bis sie zur Distanz der Kugeln des Funkenmessers proportional wird. Man hätte also dieser Ansicht nach von den Zahlen n unter L je 3 abzuziehen; dies gäbe für α die unter α_0 enthaltenen Zahlen, welche den von Herrn Riess behaupteten Satz, dass α constant sei, total umstürzen würden. Mögen also immerhin die Zahlen n in einzelnen Reihen noch einer geringen Correction bedürfen, so weit stehen sie fest, dass man sie nur sehr wenig, keineswegs bis zur Proportionalität mit der Schlagweite verändern darf. Sollte Herr Riess vielleicht meinen, dass Glimmen und Entladung zusammenfallen, so wäre diese Ansicht so lange nicht zu

bestreiten, als unsere Kenntnisse über das Wesen der Elektricität nicht weiter als jetzt ausgebildet sind; es ist dies dann eine Hypothese, die die angesetzten Zahlen für die sich entladende Elektricität nicht weiter ändert. Übrigens vermag ich vom theoretischen Standpunkte aus nicht abzusehen, warum bei der Entladung die Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität proportional zur Schlagweite sein muss, da zur Erzeugung des ausbrechenden Funkens sicher doch nicht die beiden einander zunächst liegenden Punkte der Kugeln allein gehören, wie ja schon bei grösseren Kugeln die zur Entladung erforderliche Elektricität etwas geringer ist, als bei kleineren. Wirken aber die übrigen Theile der Kugeloberflächen mit ein, so scheint es mir unthunlich, dass die Dichtigkeit der Schlagweite proportional sei. Bei der Discussion über diesen Punkt ist es mir nur auffallend gewesen, dass Herr Rijke bekennt, er habe viele Versuchsreihen als untauglich verwerfen müssen. Ich habe diese Versuche vielfach, und zu sehr verschiedenen Zeiten repetirt, allein ich habe kaum eine Reihe erhalten, die nicht das gleiche Resultat ergeben hätte. Wenn anders nicht andere störende Umstände eingewirkt haben, so möchte ich glauben, dass Herr Rijke ein Versehen begangen hat, seine Flaschen in einen Kasten zu setzen, der durch seine Ecken zu leicht Veranlassung zum Ausströmen der aussen frei werdenden Elektricität geben kann. Ich habe meine Flaschen stets auf eine grosse, auf einem Isolirschemel liegende Glasscheibe gesetzt, und die äusseren Belegungen nur durch daruntergelegte Metallplatten verbunden, die nirgends hervorragten. — Ich werde später noch ähnliche Reihen beibringen, und bemerke nur noch, dass bei $n = 9$ α etwas zu klein ist, weil 9 eine Schlagweite von 0·3 Linien gibt, die schon unter das von Herrn Rijke aufgestellte Gesetz der Hyperbel fällt, wie ich ebenfalls die von mir zuerst aufgestellte Formel nur bis etwa zu 0·5 Linien Schlagweite als den Beobachtungen vollkommen genügend erkannt habe.

Nach Repetition dieser Reihe, die ziemlich dasselbe Resultat gab, wurde der Widerstand des in Thermometer V enthaltenen Draths bestimmt, der in einem besonderen Gestell in ganz gleicher Weise wie im Thermometer ausgespannt war, und zwar mit der Batterie $A + B$, mit A und $^1/_2\, A$ (d. h. mit nur einer Flasche des Paares); dabei vermied ich stärkere Erwärmungen, um die erwähnten Störungen möglichst zu beseitigen. Die folgenden Tabellen enthalten

unter ϑ die Beobachtungen, wenn sich das Thermometer allein in dem aus 10' K. gebildeten Schliessungsbogen befand, unter ϑ' die Zahlen, wenn das Gestell mit seinem Drath eingefügt war, unter α und α' die Verhältnisszahlen $\frac{\vartheta}{n^2}$ und $\frac{\vartheta'}{n'^2}$, unter w (1) die Berechnung des Widerstandes nach der Methode der gleichen Ladung, und w (2) gibt den Widerstand des Drathes an, wie er nach der Methode der gleichen Wärme gefunden wurde.

Batt. $A + B$.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'	w (1)
8	3·7	5·78	12	5·1	3·54	0·67
10	6·0	6·00	14	6·8	3·47	0·63
12	8·5	5·90	16	8·6	3·36	0·67
14	11·1	5·61	18	10·7	3·30	0·60
16	14·4	5·62	20	12·8	3·20	0·57
18	17·1	5·28	22	15·0	3·10	0·63
20	20·1	5·02	24	16·6	2·88	
		5·57	26	19·1	2·83	
					3·16	

w (2) = 0·76.

Batt. A.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'	w (1)
12	4·2	2·92	20	6·6	1·65	0·62
16	7·2	2·81	24	8·9	1·55	0·64
20	10·7	2·68	28	11·9	1·52	0·58
24	14·6	2·54	32	14·3	1·40	0·61
28	18·8	2·40	40	17·7	1·36	
		2·67			1·50	

w(2) = 0·78.

Batt. $\frac{1}{2}$ A.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'	w (1)
24	6·2	1·08	32	6·2	0·61	0·58
32	9·8	0·96	40	8·8	0·55	0·65
40	14·5	0·91	48	11·8	0·51	0·57
48	18·5	0·80	56	14·9	0·48	0·60
		0·94	64	18·2	0·44	
					0·52	

w(2) = 0·81.

Die Berechnung von w (2) ist in der ersten Reihe mit Ausschluss der beiden ersten Zahlen durchgeführt, sonst wurde, da ϑ und ϑ' mit nahe gleichen Zahlen beginnen und endigen, für α und α' das Mittel aus allen Beobachtungen genommen und der Widerstand daraus hergeleitet. Eine Repetition gab bei Batterie $A + B$ $w(2) = 0{\cdot}76$, $w(1) = 0{\cdot}66$, bei Batterie A $w(2) = 0{\cdot}81$ und $w(1) = 0{\cdot}65$, also ziemlich übereinstimmende Werthe.

Nach diesen Beobachtungen wird der Vorzug der Methode der gleichen Wärme sehr precär, denn wir finden hier statt 0·91 — 0·92 (wegen des grösseren Widerstandes dieses Thermometerdraths) nur etwa 0·80. — Es wird jetzt nothwendig sein, auch die Methode des Herrn Riess näher zu besprechen. Er wechselt bei seinen Beobachtungen die Flaschenzahl s in der Batterie und zählt die Elektricitätsmenge q, welche er in dieselbe einführt; dann leitet er α und α' aus $\frac{s\vartheta}{q^2}$ und $\frac{s\vartheta'}{q'^2}$ ab und findet aus den Mittelwerthen wie oben $w = \frac{\alpha-\alpha'}{\alpha'}$. Setzt man voraus, dass die Flaschen ganz gleich sind und dass man aus dem Abstand der Kugeln am Funkenmesser die Quantität der sich entladenden Elektricität ebenso genau entnehmen kann, als wenn man die eingeführte abzählt, so wird $q = n\,s$ und $q' = n'\,s'$, also $\alpha = \frac{\vartheta}{n^2\,s}$ und $\alpha' = \frac{\vartheta'}{n'^2\,s'}$. Nun finden wir, dass wenigstens bei allen Thermometern, die ich besitze, α keine constante, sondern eine mit steigenden n abnehmende Grösse ist, und da die Röhren meiner Thermometer im Querschnitt zwischen den gebräuchlichen Grenzen wechseln, die Behälter alle Grössen umfassen, die nur irgendwie in Anwendung kommen können, endlich Thermometer III in seiner bauchigen Form sich der Kugelgestalt nähert, so lässt sich wohl mit Grund bezweifeln, dass bei genauen Beobachtungen mit anderen Thermometern sich ein constanter Werth für α herausstellen werde. Wollte man die Zuverlässigkeit der von mir für n angegebenen Werthe in Zweifel ziehen, so ist nur die eine Wahl gelassen, die Zahlen zu verkleinern, weil man nur so sich dem Gesetze der Proportionalität der Dichtigkeit zur Schlagweite nähern würde, und dadurch würden, wie oben gezeigt ist, die Werthe von α noch weiter auseinander gehen. Lassen wir also die Frage nach der Gleichheit der Flaschen ganz ausser Betracht, obschon nach meinen Erfahrungen sich kaum zwei ganz gleiche Flaschen finden werden, so

gewährt dies Verfahren dem Experimentator einen weiten Spielraum, um bei ganz gleicher Sorgfalt die Resultate nach der einen oder der anderen Seite zu ändern. Combinirt man z. B. in der oben angeführten Reihe mit Batterie $A+B$ den Mittelwerth von $\alpha = 5\cdot84$ aus $n = 10$, 12 und 14 mit dem Mittelwerth von $\alpha' = 2\cdot94$ aus $n' = 22$, 24 und 26, so erhält man $w = 0\cdot99$; combinirt man dagegen den Mittelwerth von $\alpha = 5\cdot31$ aus $n = 16$, 18 und 20 mit dem Mittelwerth von $\alpha' = 3\cdot34$ aus $n' = 14$, 16, 18 und 20, so findet man $w = 0\cdot59$, also Werthe, von denen der eine über $1^1/_2$mal so gross als der andere ist. Kann es nun zwar nicht in der Absicht des Beobachters liegen, die Resultate nach Belieben zu ändern, mag er vielmehr irgend einen Weg wählen, um gewisse Grenzen nicht zu überschreiten, so wird doch, da keine feste Norm vorliegt, der Zufall bisweilen sein Spiel treiben, und ich glaube desshalb, dass so, wie jetzt diese Beobachtungsweise vorliegt, sie nicht als eine bestimmte Methode in Anschlag kommen kann.

Ich war anfänglich geneigt, die hier gefundene Abweichung von den früheren Resultaten dem zu feinen Drathe zuzuschreiben; es wurden also 5 Zoll von einem 0·0437 Linien starken Drathe eingezogen, dessen Widerstand dem in Th. II nahe gleich war. Die Spiritussäule konnte hier schon auf 8 Zoll verkürzt werden, doch ging sie fast noch zu lebhaft zurück. Mit Th. II zugleich in den Schliessungsbogen eingefügt, gab Th. V im Mittel 2·66mal grössere Zahlen, die wieder etwas ungleich ausfielen, so dass stärkere Erwärmungen vermieden wurden. Nachdem derselbe Drath in das dem Thermometer entsprechende Gestell eingezogen war, gaben die Widerstandsbeobachtungen:

Batt. $A+B$.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'	w (1)
12	8·9	6·18	16	9·0	3·52	0·70
16	15·3	5·94	20	13·6	3·40	0·69
20	22·9	5·68	24	18·7	3·24	0·71
24	32·0	5·56	28	24·8	3·16	0·70
		5·84	32	30·6	2·99	
					3·26	

$w\,(2) = 0\cdot79$.

Batt. *A*.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'	w (1)
24	15·6	2·71	32	15·4	1·50	0·64
32	25·4	2·48	40	22·5	1·41	0·63
40	36·7	2·29	48	30·5	1·32	0·65
48	50·4	2·18	56	39·0	1·24	0·64
		2·41	64	48·9	1·19	
					1·33	

$$w\,(2) = 0{\cdot}81.$$

Also auch dieser Drath brachte noch keine Übereinstimmung mit dem Frühern hervor.

Das Thermometer erhielt hierauf einen 10 Zoll langen und 0·0596 Linien starken Drath, dessen Widerstand genau mit dem in Thermometer II übereinstimmte und den ich in der Folge beibehielt, obschon die stärkeren Erwärmungen auch jetzt noch nicht ganz zuträglich waren. Sonstige Unregelmässigkeiten liessen sich beseitigen, wenn man den Spiritus in der Röhre stehen liess, um das Innere des Behälters in gleichem Zustande zu erhalten, und zwischen je zwei Beobachtungen so weit als thunlich gleiche Zeit verlaufen liess. Mit Thermometer II verglichen waren die Zahlen 2·11mal grösser. Bei den Widerstandsbestimmungen des in das Gestell eingezogenen gleichen Draths richtete ich mein Augenmerk nur darauf, den Werth nach der Methode der gleichen Wärme zu erhalten. Die Beobachtungen wurden also grösstentheils in folgender Weise angestellt:

Batt. *A* + *B*.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
16	9·8	3·83	21	9·6	2·17
24	21·6	3·75	32	20·6	2·01
32	35·3	3·45	44	35·7	1·84
		3·677			2·007

$$w\,(2) = 0{\cdot}832.$$

Batt. *A*.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
24	10·6	1·84	33	10·9	1·00
38	23·3	1·61	52	24·0	0·88
48	35·4	1·53	64	34·0	0·83
		1·660			0·903

$w(2) = 0{\cdot}840.$

Auch hier fiel der Widerstand zu gering aus. Repetitionen dieser Reihen an verschiedenen Tagen gaben mit Batterie $A + B$ $w\,(2) = 0{\cdot}844 = 0{\cdot}821 = 0{\cdot}839$, mit Batterie A $w\,(2) = 0{\cdot}838 = 0{\cdot}843 = 0{\cdot}830$. Dieser Werth blieb zwar unverändert, wenn man die Röhre mit destillirtem Wasser füllte, wo ich

Batt. $A + B$

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
16	11·0	4·29	21	10·5	2·37
24	23·7	4·11	32	23·4	2·27
32	40·7	3·98	44	41·3	2·13
		4·127			2·257

$w(2) = 0{\cdot}829$

erhielt, allein die Differenz gegen früher war nicht ausgeglichen.

Um den Grund zu dieser Differenz zu ermitteln, wurde mittelst Thermometer II der Widerstand desselben Draths bestimmt, doch wurden die Ladungen innerhalb derjenigen Grenzen belassen, welche das empfindlichere Thermometer V gesteckt hatte. Dies gab:

Batt. $A + B$.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
16	5·4	2·11	20	4·8	1·20
20	8·1	2·02	24	6·5	1·13
24	11·9	2·07	28	8·9	1·13
28	15·9	2·03	32	11·6	1·13
32	20·2	1·97	36	13·9	1·07
		2·04	40	17·3	1·08
			44	20·2	1·04
					1·11

$w(2) = 0{\cdot}838.$

Batt. *A*.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
24	5·4	0·94	32	5·4	0·53
32	9·3	0·91	40	8·1	0·50
40	13·9	0·87	48	11·3	0·49
48	18·9	0·82	56	14·8	0·47
		0·885	64	18·2	0·44
					0·486

$$w(2) = 0{\cdot}821.$$

Wurden hierauf die Ladungen in derselben Weise wie früher gesteigert, so fielen die Beobachtungen an Thermometer II folgendermassen aus:

Batt. *A* + *B*.

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
24	11·7	2·03	32	11·2	1·09
32	20·3	1·98	40	16·7	1·04
40	29·5	1·84	48	23·1	1·00
48	41·5	1·80	56	30·6	0·97
		1·912	64	37·8	0·92
					1·004

$$w(2) = 0{\cdot}904.$$

L	ϑ	α	L'	ϑ'	α'
24	12·0	2·09	32	11·4	1·11
32	20·1	1·96	40	17·1	1·07
40	30·2	1·89	48	23·5	1·02
48	42·7	1·85	56	30·9	0·98
		1·948	64	39·1	0·95
					1·026

$$w(2) = 0{\cdot}900.$$

Der Drath des Thermometers V bietet jetzt genau den früheren Widerstand dar. — Der Grund, welcher den Widerstand ändert, liegt also darin, dass die Wärmezahlen bei kleineren und bei stärkeren Ladungen für sonst gleiche Werthe nicht in einem ganz gleichen Ver-

hältniss zu einander stehen, d. h. ist im Schliessungsbogen weiter kein Widerstand, so nähert sich bei einer von dem Einfachen auf das Doppelte gesteigerten Ladung das Zahlenverhältniss mehr dem von 1 : 4, als wenn sich darin ein Widerstand befindet und die nahe gleich grossen Zahlen stärkere Ladungen erfordern. Man kann diese Störung schon aus den in der citirten Abhandlung unter Nr. I und Nr. II enthaltenen Reihen entnehmen, wo die mit einander ziemlich correspondirenden Zahlen in Th. II bei 8″ Spirituslänge sich in Nr. II bei $n = 12$ und 24 wie 1 : 4·12, bei $n = 18$ und 36 wie 1 : 3·81, und bei $n = 24$ und 48 wie 1 : 3·68 verhalten, wogegen sie in Nr. I bei $n = 16$ und 32 wie 1 : 3·78, bei $n = 24$ und 48 wie 1 : 3·61 und bei $n = 32$ und 64 wie 1 : 3·46 sind. Je grösser also die Ladungen genommen werden, desto mehr bleibt α' gegen α zurück, und desto grösser fällt der berechnete Widerstand aus. Zur Entstehung dieser Erscheinung muss noch ein besonderer Umstand beitragen, da man ihn aus dem Widerstande in der Röhre allein nicht herleiten kann. — Ist die Batterie kleiner, so verträgt sie, um den gleich grossen Widerstand zu liefern, grössere Schlagweiten, umgekehrt verlangt eine grössere Batterie im Verhältniss kleinere Schlagweiten. Zur Erläuterung des letztern Falles gebe ich noch die folgende Reihe mit den vier Flaschen F, in der ich wieder α_0 und α'_0 für den Fall berechnet habe, dass man von den Zahlen der Ladung je 3 abziehen wollte. Der aus dem Mittelwerth dieser Grössen berechnete Widerstand wäre dann 1·13, überträfe also den Widerstand des ganzen Schliessungsbogens und dazu bei gleich grossen Werthen von ϑ und ϑ'.

Batt. 4 F.

L	ϑ	α	α_0	L'	ϑ'	α'	α'_0
9	7·3	9·01	20·28	12	7·3	5·07	9·01
12	12·9	8·96	15·92	15	11·3	5·02	7·85
15	19·7	8·75	13·68	18	15·8	4·88	7·11
18	26·8	8·27	11·91	21	20·7	4·69	6·39
21	35·8	8·12	11·05	24	25·8	4·48	5·62
24	46·1	8·00	10·45	27	32·3	4·43	5·61
		8·518	13·88	30	38·3	4·25	5·25
				33	47·0	4·33	5·22
						4·644	6·51

$w(2) = 0·834.$

Die Repetition der Reihe gab w (2) = 0·821 und w aus α_0 und α'_0 berechnet = 1·15.

Das Resultat aus allen Versuchen ist folgendes: Die Methode der gleichen Ladung liefert nur dann relativ richtige Werthe für den Widerstand der Dräthe, wenn man unter gleichen Umständen mit demselben Thermometer und derselben Batterie beobachtet. Die gefundenen Zahlen können bezogen auf den Widerstand des Schliessungsbogens als Einheit nicht absolut als richtig gelten. Die Methode der gleichen Wärme liefert ebenfalls keine absolut richtigen Werthe. Lässt man aber die Batterie unverändert und gebraucht bei den Beobachtungen vor Einfügung des zu untersuchenden Draths Ladungen innerhalb fest bestimmter Grenzen in gleichen Intervallen, so erhält man relativ giltige Werthe, abgesehen von der Construction des Thermometers und der darin enthaltenen Flüssigkeit.

Unter diesen Verhältnissen wird die folgende Methode noch einfacher und überall sicherer zu dem nächsten Ziele, einer relativ richtigen Widerstandsbestimmung, führen.

Man nehme, wie es auch beim galvanischen Strom gebräuchlich ist, einen bestimmten Drath als Normaldrath an, beobachte bei einer oder mehreren bestimmten Ladungen der Batterie die Erwärmungen ϑ im Thermometer, wenn der zu untersuchende Drath in den Schliessungsbogen eingefügt ist, und schalte dann nach Entfernung desselben von dem Normaldrath eine solche Länge ein, dass man bei denselben Ladungen dieselben Zahlen für ϑ erhält. Um die Arbeit durch vielfaches Verlängern oder Verkürzen des Normaldraths nicht zu erschweren, wird man am einfachsten zwei Grenzwerthe wählen, und die richtige Länge durch Interpolation bestimmen. Diese Methode muss sicher zu richtigen relativen Werthen führen, und nur in dem Falle, wo etwa nach kurz vorhergegangener Erneuerung des Spiritus oder durch andere Umstände eine kleine Änderung des Instruments zu besorgen steht, wird man die Beobachtungen an dem zu untersuchenden Drath vor und nach denen mit dem Normaldrath anzustellen und aus beiden die Mittelwerthe zu benutzen haben. Als Normaldrath habe ich einen Neusilberdrath von 0·177 Linien Durchmesser und 16 Fuss Länge benutzt, um den von vier zu vier Fuss kleine Messingstücke gelöthet wurden, um an diesen den Drath gegen einen isolirten metallenen Quecksilbernapf festzuklemmen. Die letzten 4' befinden sich zwischen zwei derartigen Näpfen, von denen der

eine fest steht, der andere sich sicher auf einer vierkantigen, in Zolle und Linien (die übrigens unnütz waren) eingetheilten Holzleiste verschieben lässt. An der Glasstütze des letzteren ist eine starke Feder befestigt, die gegen den Napf drückt und den Neusilberdrath klemmt, so dass man von den letzten 4′ jede beliebige Länge leicht ausspannen und abmessen kann. Wenn die 16′ nicht ausreichten, wurden noch andere zuvor abgemessene Dräthe hinzugefügt. Die Beobachtungen mit dem Thermometerdrath V in seinem Gestell gaben zunächst:

L	Neus.					
	Thermdr. 8	48″	45″	42″	39″	Widerst. d. Thermdr.
28	17·2	16·4	16·8	17·3	17·6	42·6
40	31·7	29·9	31·0	32·0	32·8	42·9
						Mittel 42·8

Ebenso noch vollständiger mit zwei gleichartigen Gestellen.

Batt. $A + B$.

L	Dr. I.		Dr. II.		Neus.			
	ϑ	α	ϑ	α	42″	α	45″	α
16	6·7	2·61	6·7	2·61	6·6	2·58	6·5	2·54
20	9·9	2·48	10·0	2·50	10·0	2·50	9·7	2·42
24	13·7	2·38	13·8	2·39	13·9	2·41	13·5	2·35
28	17·9	2·28	18·0	2·29	18·1	2·31	17·8	2·27
32	22·4	2·19	22·4	2·19	22·8	2·22	22·2	2·17
		2·388		2·396		2·404		2·346

Dr. I. = 42·8. Dr. II. = 42·4.

Batt. A.

L	Dr. I.		Dr. II.		Neus.			
	ϑ	α	ϑ	α	42″	α	45″	α
16	3·1	1·21	3·1	1·21	3·1	1·21	3·0	1·17
24	6·6	1·15	6·7	1·16	0·7	1·16	6 4	1·11
32	11·1	1·08	11·2	1·09	11·2	1·09	10·8	1·06
40	16·2	1·01	16·3	1·02	16·4	1·03	16·0	1·00
48	21·7	0·94	21·9	0·95	22·2	0·97	21·4	0·93
		1·078		1·086		1·092		1·054

Dr. I. = 43·1. Dr. II. = 42·5.

Ich werde den Widerstand = 42·8 setzen. Aus anderen Beobachtungen folgte ferner der Widerstand von

48′ K.[1]	= 18·5	Sp. I + II contr.	= 22·4
Sp. I	= 18·7	Sp. I + II gleichl.	= 34·9
Sp. II	= 10·6	B	= 132·6
		26″ Pl.	= 109·5

Ich benutzte sofort diese Methode, um über den Widerstand der Eisen- oder Stahldräthe ganz in's Klare zu kommen. 7′ Stahldrath von der Sorte Nr. 1 (von 0·231 Linien Durchmesser, siehe die früher citirte Abhandlung p. 736) boten bei einer Ladung der Batterie $A + B$ = 32 einen Widerstand von 60·0 dar. Blieben diese 60″ Neusilberdrath, so waren die Angaben des Thermometers bei wechselnder Ladung:

L	Stahldr.	60″ Neus.
16	4·7	5·4
24	10·9	11·3
32	18·8	18·7
40	28·2	27·3
48	40·1	37·9

wonach wirklich schwächere Ströme viel mehr gehemmt werden als stärkere. Nähere Anhaltspunkte gaben: Lad. 48 : Stahldr. 40·1, 54″ Neus. 39·5; Lad. 16: Stahldr. 4·8, 66″ Neus. 5·2, 72″ Neus. 5·0, 78″ Neus. 4·8; dagegen Lad. 40 : Stahldr. 28·3 und 78″ Neus. 24·2. — Um dies Verhältniss noch auf eine andere Weise zu constatiren, wurden vier Stahldräthe Nr. 8 von 5′ Länge (0·106 Linien Durchmesser) über ein Gestell so geleitet, dass der Strom durch alle zugleich gehen konnte, während die einzelnen Zweige etwa 2′ von einander entfernt blieben. Die Gleichheit der Dräthe ergab sich bei Lad. 32 der Batt. $A + B$, indem der Strom nach einander durch jeden Drath einzeln geführt wurde; die Erwärmungen waren 1. 16·4, 2. 16·5, 3. 16·5, 4. 16·5. Die vollständigen Beobachtungen waren hierauf:

[1]) Die Bedeutung der Zeichen s. Sitzungsb. Bd. XXXVI, p. 427. Die 26″ Pl. sind Platindrath aus demselben Stück, von dem der Thermometerdrath genommen ist.

Batt. $A + B$.

L	ein Drath		4 Dr. zugleich	
	ϑ	α	ϑ	α
16	4·2	1·64	6·5	2·54
24	9·4	1·63	14·4	2·50
32	16·6	1·62	24·8	2·42
40	24·8	1·55	37·0	2·31
48	34·3	1·49	—	—
		1·586		2·442

L	Neus.								
	30″	α	36″	α	L	72″	α	78″	α
16	7·3	2·85	7·0	2·73	16	5·0	1·95	4·8	1·87
24	15·3	2·66	14·5	2·52	24	10·6	1·84	10·2	1·77
32	25·4	2·48	23·8	2·32	32	17·8	1·74	17·1	1·67
40	37·2	2·32	34·2	2·14	40	25·9	1·62	24·8	1·55
		2·578		2·432	48	35·1	1·52	33·7	1·46
							1·734		1·664

Im Mittel bietet ein Stahldrath allein einen Widerstand = 84·7 dar, alle vier zusammen als Zweige dagegen wegen der schwächeren Ströme einen Widerstand = 35·6 statt 21·2, wie es nach den bekannten Gesetzen sein sollte. Noch stärker ist die Abweichung, wenn die Batterie verkleinert wird. Nämlich

Batt. A.

L	4 Dr. zugl.		Neus.					
	ϑ	α	30″	α	36″	α	42″	α
24	6·3	1·094	7·4	1·285	7·0	1·215	6·6	1·146
32	10·7	1·045	12·3	1·201	11·7	1·143	11·1	1·084
40	16·2	1·012	18·2	1·138	17·1	1·069	16·3	1·019
48	22·4	0·972	24·2	1·050	22·9	0·994	22·0	0·955
56	29·1	0·928	30·9	0·985	29·5	0·941	28·2	0·899
64	36·7	0·896	38·0	0·928	36·3	0·881	34·7	0·847
		0·993		1·098		1·040		0·992

Hier ist der mittlere Widerstand der vier Zweige = 42·0.

Um sicher zu sein, dass kein Irrthum obwalte, und um zugleich zu ermitteln, ob etwa bei anderen Dräthen dieselbe Erscheinung stattfinde, wurden aus dem Neusilberdrath vier ähnliche Zweige von 5′ = 60″ Länge gebildet. Es ergab sich:

Batt. *A* + *B*.			Batt. *A*.		
L	4 Zw.	15″ einf. Neus.	*L*	4 Zw.	15″ einf. Neus.
16	9·1	9·0	24	8·9	8·9
24	18·8	18·5	32	14·9	14·8
32	30·1	30·1	40	21·5	21·5
			48	29·0	28·8

Der Widerstand durch die Zweige entspricht also vollkommen den gewöhnlichen Gesetzen. Dasselbe fand in den übrigen Fällen Statt.

Für 16′ Messingdrath von 0·193 Linien Durchmesser gab Batterie *A* + *B*

L	16′ Mess.	36″ Neus.	42″ Neus.
16	6·6	7·0	6·6
24	13·8	14·4	13·6
32	22·5	23·8	22·8
40	33·0	34·7	33·0

bei zwei ebenso langen Zweigen dagegen war:

L	2 Zw.	21″ Neus.
16	8·4	8·4
24	17·1	17·1
32	28·1	28·1
40	41·2	41·0

Bei 34″ 7‴ Platindrath Nr. 4 (0·109 Linien Durchmesser, siehe citirte Abhandlung p. 727) gab Batterie *A*:

L	Pldr.		Neus.			
	ϑ	α	42″	α	48″	α
24	6·8	1·180	6·9	1·198	6·6	1·146
32	11·1	1·085	11·4	1·113	10·9	1·065
40	16·2	1·012	16·8	1·050	16·0	1·000
48	21·8	0·946	22·4	0·972	21·5	0·933
		1·061		1·083		1·036

also den Widerstand = 44·8. Als zwei gleich lange Zweige gebildet waren, erhielt ich

L	2 Zw.		Neus.			
	ϑ	α	24″	α	21″	α
24	8·4	1·46	8·2	1·43	8·5	1·48
32	14·1	1·38	13·6	1·33	14·1	1·38
40	20·4	1·28	20·0	1·25	20·5	1·28
48	27·2	1·18	26·8	1·16	27·3	1·19
		1·325		1·292		1·332

demnach einen Widerstand = 21·5. Wenn dieser etwas zu klein ist, so liegt der Fehler in der Zahl 44·8; der Spiritus war in dem Gefäss erneuert und die Beobachtungen am Platindrath nicht repetirt worden. Später gaben 70″desselben Draths einen Widerstand = 86·6, wonach 34′6 Drath einen Widerstand von 43·1 haben. — Nur bei dem feinen Platindrath, welcher in dem Thermometer befindlich ist, fällt der Widerstand der Zweige, wenn Batterie *A* gebraucht wird, ein wenig zu gross aus; es dürfte jedoch diese Störung, auf die ich erst später bei der Stromtheilung aufmerksam wurde, mit der Feinheit des Draths zusammenhängen. Als dieser Platindrath eine Länge von 13 Zoll 2·8 Linien hatte, und eben solche zwei Zweige genommen wurden, lieferten die Beobachtungen:

Batt. *A* + *B*.

L	1 Dr.		Neus.			
	ϑ	α	54″	α	60″	α
16	5·7	2·22	5·8	2·27	5·5	2·15
24	12·0	2·09	12·1	2·10	11·7	2·03
32	19·5	1·91	20·0	1·95	19·2	1·87
		2·073		2·107		2·017

Wd. = 55·1.

Batt. *A*.

L	1 Dr.		Neus.			
	ϑ	α	54″	α	60″	α
24	5·8	1·007	6·0	1·042	5·7	0·990
32	9·9	0·967	10·0	0·977	9·6	0·937
40	14·3	0·894	14·6	0·912	14·1	0·881
48	19·4	0·842	19·8	0·859	19·1	0·829
		0·928		0·945		0·909

Wd. = 55·4.

Batt. $A + B$.

L	2 Zw.		Neus.						2 Zw.	
	ϑ	α	27″	α	30″	α	27″	α	ϑ	α
16	7·7	3·01	7·8	3·05	7·5	2·93	7·7	3·01	7·7	3·01
24	15·8	2·74	15·9	2·76	15·5	2·69	16·0	2·78	16·0	2·78
32	26·0	2·54	26·2	2·56	25·4	2·48	26·3	2·57	25·9	2·53
		2·763		2·790		2·700		2·787		2·773

Wd. 2 Zw. = 27·7.

Batt. A.

L	2 Zw.		Neus.						2 Zw.	
	ϑ	α	27″	α	30″	α	27″	α	ϑ	α
24	7·5	1·30	7·9	1·37	7·6	1·32	7·8	1·35	7·7	1·33
32	12·8	1·25	13·0	1·26	12·7	1·24	13·0	1·26	12·9	1·26
40	18·7	1·17	19·2	1·20	18·5	1·16	19·1	1·19	18·7	1·17
48	25·0	1·09	25·7	1·11	24·7	1·07	25·3	1·10	25·2	1·09
		1·202		1·235		1·198		1·225		1·214

Wd. 2 Zw. = 29·0.

Es wurden nun noch die vier Stahldräthe an einander gelegt und mit Seide umwickelt.

Batt. $A + B$.

L	Stahldr.		Neus.			
	ϑ	α	36″	α	42″	α
16	6·4	2·50	7·3	2·85	6·9	2·70
24	14·3	2·48	15·1	2·62	14·2	2·46
32	24·0	2·34	24·6	2·40	23·5	2·30
		2·440		2·623		2·487

Der mittlere Widerstand 44·1 ist etwas grösser als der, welchen die Zweige dargeboten hatten.

Da nach den vorstehenden Beobachtungen Stahl- oder Eisendräthe allein die Eigenthümlichkeit zeigen, dass der Widerstand nicht proportional zum Querschnitt abnimmt, und damit zusammenhängend

schwächere Ströme mehr als stärkere gehemmt werden, so muss der Grund wohl allein im Magnetismus gesucht werden, so wenig uns auch jetzt schon der Zusammenhang klar sein mag. Zur festern Begründung dieser Ansicht steckte ich ein etwa $^1/_4$ Zoll starkes Bündel der feinsten, gefirnissten Eisendräthe von 13 Zoll Länge in eine Glasröhre und umwand sie auf 8 Zoll in neun Windungen mit $2^1/_4$' K. Mit Batterie $A + B$ beobachtete ich:

L	Spir.	42'' Neus.	Spir.
16	5·7	6·5	5·6
24	12·7	13·6	12·9
32	22·6	22·7	22·8
40	34·3	33·5	34·6

Die Spirale leistet also unter Einwirkung des Eisendrathes bei Ladung 32 einen Widerstand = 42·0, einen grössern bei schwächern, einen kleinern bei stärkeren Strömen, gerade ebenso wie ein gewöhnlicher Eisendrath. In diesem Falle sieht man nicht wohl ab, auf welche Weise das Eisendrathbündel auf die Spirale einwirken soll, wenn anders nicht durch den in ihm erregten Magnetismus. Nebenströme sind ausgeschlossen, da sie sich oben bei den Neusilber- und Platindräthen ebenfalls hätten äussern müssen.

II. Stromtheilung.

Da für den richtigen Gebrauch des Thermometers bei der Stromtheilung und zunächst bei der Vergleichung der durch den Stamm und durch einen der beiden Zweige hindurchgehenden Ströme vor allen Dingen festgestellt werden musste, ob das gegenseitige Verhältniss bei verschieden starken Ladungen der Batterie constant bleibt, so wurde Th. II in den ausserdem aus 14' K. gebildeten Stamm eingesetzt, während Th. V + 2' K. den einen Zweig, Kupferdrath allein den andern Zweig ausmachte; die Länge dieses Kupferdrathes wurde nach und nach bis auf 7' reducirt, wo beide Thermometer genau dieselben Zahlen gaben. Die ganze Reihe lieferte nun

Batt. $A + B$.

L	Th. II.	Th. V.
20	5·7	5·8
24	8·2	8·2
28	10·9	10·9
32	13·9	13·9
40	20·7	20·5
48	28·3	27·3
56	36·6	35·3

Wenn Th. V gegen das Ende der Reihe etwas gegen Th. II zurückbleibt, so liegt dies nicht in einer veränderten Stromtheilung, sondern in dem aus allen früheren Reihen deutlich hervortretenden, etwas abweichenden Gange beider Instrumente; indem nämlich der Spiritus in Th. V viel schneller als in Th. II zurückgeht, so verringert dies etwas die grösseren Zahlen im Verhältniss zu den kleineren. Man kann also ohne Weiteres vollständige Reihen durchführen, in denen man die Ladungen der Batterie verändert, um zur Vergleichung mehrere Zahlen zu gewinnen.

Die Art, wie diese Reihen angestellt wurden, war folgende. In denselben Stamm wie vorher wurde Th. V eingesetzt; den Zweig I bildeten Kupfer- oder andere Dräthe, den Zweig II ebenfalls beliebige Dräthe, denen aber das dem Thermometer entsprechende Gestell hinzugefügt wurde. Dann beobachtete man erst im Stamm, vertauschte hierauf das Gestell mit dem Thermometer und beobachtete ebenfalls im Zweig II. Wo es thunlich war, wurde das Thermometer an seinem Orte gelassen und Zweig I so verschoben, dass das Gestell in den Stamm, das Instrument dagegen in Zweig II kam; für die Zuverlässigkeit der Beobachtungen schien mir dies noch räthlicher zu sein. Der Stamm war übrigens so rückwärts zur Aussenseite der Batterie geleitet, dass er auf die Zweigströme keinen irgend wie bemerklichen Einfluss ausüben konnte. Alle Zahlen sind wie bisher Mittel aus drei einzelnen Beobachtungen; die unter ϑ geben die Wärme im Stamm, die unter ϑ'' die Wärme in Zweig II an; α und α'' entstehen wie oben aus der Division mit n^2, berechnet im hundertfachen Betrage.

Batt. $A + B$.

1. Zw. I = $3\frac{1}{2}$' K. Zw. II = Th. + 2' K.

L	ϑ	α	ϑ''	α''
12	5·1	3·54	—	—
16	9·0	3·52	—	—
20	13·8	3·45	3·8	0·95
24	19·4	3·37	5·4	0·94
28	25·6	3·26	7·1	0·91
32	32·0	3·12	9·2	0·90
36	38·6	2·98	11·2	0·86
40			13·3	0·83
44			15·5	0·80
48			18·2	0·79

2. Zw. I = 7' K. Zw. II = Th. + 2' K.

L	ϑ	α	ϑ''	α''
16	8·3	3·24	—	
20	12·5	3·12	5·9	1·48
24	17·4	3·02	8·3	1·44
28	22·7	2·89	11·1	1·42
32	29·0	2·83	14·0	1·37
36	35·4	2·73	17·2	1·33

3. Zw. I = 14' K. Zw. II = Th. + 2' K.

L	ϑ	α	ϑ''	α''
16	7·3	2·85	—	—
20	11·2	2·80	7·6	1.90
24	15·6	2·71	10·6	1·84
28	20·6	2·63	14·0	1·79
32	25·8	2·52	17·7	1·73
36	31·9	2·46	21·8	1·68
40	37·6	2·35	26·0	1·62

Das Verhältniss des Zweigstromes zum Strom durch den Stamm, der als Einheit gilt, kann man nach denselben beiden Methoden berechnen, welche im ersten Abschnitt angewandt wurden, entweder nach der Methode der gleichen Ladung oder nach der Methode der gleichen Wärme. Nach der erstern berechnet man das Mittel aus den beobachteten Verhältnisszahlen $\frac{\vartheta''}{\vartheta}$, welche zu gleichen Ladungen

gehören, und erhält, da die Wärme im Quadrat der Stromstärke wächst, Zweigstrom II $= a'' = \sqrt{\frac{\vartheta'}{\vartheta}}$; nach der andern wählt man aus beiden Reihen diejenigen Theile heraus, welche mit nahe gleichen Erwärmungen beginnen und endigen, berechnet die Werthe von α und α'', zieht aus ihnen die Mittelwerthe und erhält dann Zweigstrom II $= a'' = \sqrt{\frac{\alpha''}{\alpha}}$. In Reihe 1 werden also die vier ersten Beobachtungen im Stamme mit denen im Zweige unter Ausschluss der ersten verglichen; in der zweiten Reihe werden die vier letzten Beobachtungen im Zweige mit den drei ersten im Stamme, in der dritten Reihe endlich alle Beobachtungen im Zweige mit den fünf ersten im Stamme zusammengestellt. Man erhält so

	nach der Meth. der gl. Ladung	nach der Meth. der gl. Wärme
aus Reihe 1 a'' =	0·531	0.498
„ „ 2 a'' =	0·693	0·667
„ „ 3 a'' =	0·827	0·807.

Nach der Methode der gleichen Wärme fallen sämmtliche Werthe kleiner als nach der Methode der gleichen Ladung aus. Wird dies mit den Widerstandsbeobachtungen verglichen, so stellt sich eine Übereinstimmung heraus, welche die Gleichartigkeit des Zweigstromes mit dem Stammstrome beweist; wie dort die Zahlen bei gesteigerter Ladung gegen die bei geringerer zurückblieben und somit der Widerstand bei der Vergleichung der gleich grossen Erwärmungen grösser wurde, als wenn man die Zahlen bei gleicher Ladung mit einander verglich, so treten auch hier dieselben Zahlen gegen die anderen zurück und liefern für den Zweigstrom kleinere Werthe. Man kann also mit Rücksicht auf das Frühere über die Zuverlässigkeit der Resultate ohne Weiteres behaupten, dass beide Methoden wiederum keine absolut richtigen Verhältnisszahlen liefern; bei der Methode der gleichen Wärme wird der relative Werth von der Construction des Thermometers unabhängig sein, bei der anderen wird man, um wenigstens dieses Ziel zu erreichen, mit demselben Thermometer und bei gleicher Temperatur beobachten müssen. Geschieht dies, so dürfte weder diese noch jene Methode einen Vorrang vor der andern verdienen. Vergleicht man z. B. in den ange-

führten drei Reihen die beiden Stromtheile mit einander, so beträgt nach der ersten Methode der gleichen Wärme Stromtheil I $= a'$ den 1·008 — 0·500 — 0·239. Theil von a'', und wenn sich die Stromtheile umgekehrt wie die äquivalenten Längen der Zweige verhalten, so hat Zweig II auf Kupferdrath bezogen eine Länge von 3·53 — 3·50 — 3·35 Fuss. Nach der andern Methode ist a' der 0·883 — 0·443 — 2·209. Theil von a'', somit hat Zweig II auf Kupferdrath bezogen, eine Länge von 3·09 — 3·10 — 2·93 Fuss. Die Differenzen in beiden Angaben sind etwa gleich gross, also relativ genommen sind beide Resultate von gleichem Werthe. Welche Methode aber die absoluten Werthe richtiger ausdrückt, lässt sich wenigstens an dieser Stelle nicht mit Sicherheit bestimmen.

Man kann noch zwei andere Methoden anwenden, von denen jedoch die eine nur auf gewisse Fälle beschränkt ist. Aus den Beobachtungen im Stamme lässt sich der Widerstand der Zweige ableiten und durch Neusilberdrath bestimmen. Nun habe ich früher bereits nachgewiesen, dass dieser Widerstand $\Sigma w = a'^2 w' + a''^2 w''$ ist, wenn a' und a'' die durch die Zweige fliessenden Stromtheile und w' und w'' ihre Widerstände bezeichnen; setzt man also voraus, dass w' und w'' bereits in Neusilberdrath bekannt sind, und substituirt für a' seinen Werth $1 - a''$, so enthält die obige Gleichung nur die eine Unbekannte a'' oder den durch Zweig II fliessenden Stromtheil, welcher somit berechnet werden kann. Unter der Voraussetzung, dass Σw, w' und w'' annähernd genau bekannt sind, hat das Resultat der Rechnung nur einen genügenden Werth, wenn w'' gegen w' sehr gross ist; bieten dagegen beide Zweige einen ziemlich gleichen Widerstand dar, so ist, selbst für enge Grenzen der Beobachtungsfehler das Resultat der Rechnung zu unsicher, als dass es überhaupt in Anschlag kommen kann. Ich will diese auf specielle Fälle beschränkte Methode die Methode des Widerstandes nennen. Die vierte Methode geht davon aus, dass der Theilstrom mit dem Hauptstrom gleichartig ist und stützt sich auf die beiden Gesetze, dass die Wärme erstens proportional zum Widerstand abnimmt, und zweitens sich zum Quadrat der Stromstärke proportional verhält. Da hier das richtige Verhältniss von ϑ'' zu ϑ zu ermitteln ist, welches $a''^2 : 1$ gibt, der Gang des Thermometers es aber nicht erlaubt, dasselbe wenigstens nicht mit voller Sicherheit aus den beobachteten Zahlen unmittelbar herzuleiten, so bestimmt man den richtigen Werth von ϑ'' im Verhältniss zu ϑ dadurch,

dass man nach Auslösung der Zweige so lange Neusilberdrath in den Stamm hinzufügt, bis ϑ auf das beobachtete ϑ'' herabsinkt. Ist dieser hinzugefügte Widerstand $= y$, der ebenfalls vorher beobachtete Widerstand der Zweige $= x$ und der Widerstand des Stammes $= St$, so gibt das oben angeführte Gesetz $St + y : St + x = \vartheta : \vartheta''$ oder $= 1 : a''^2$, also $a'' = \sqrt{\frac{St + x}{St + y}}$. Den noch unbekannten Widerstand des Stamms erhält man, wenn man aus denjenigen Reihen, in welchen nach der vorhergehenden Methode sich a'' berechnen lässt, oder aus solchen, in welchen a'' als bekannt angenommen werden kann, diesen Werth in die Gleichung einträgt und St bestimmt; erhält man nahe übereinstimmende Werthe, so zieht man daraus den Mittelwerth und gebraucht ihn jedoch der Sicherheit wegen nur in Reihen, wo die Ladungen der Batterie zwischen denselben Grenzen eingeschlossen sind. Beide Methoden haben den Vorzug, dass sie von der Construction des Thermometers und dem Gange desselben unabhängig sind, sie werden also zu absolut richtigen Resultaten führen, wenn anders die Gesetze, welche zum Grunde liegen, eine strenge Giltigkeit besitzen. Hierüber können die Beobachtungen allein Aufschluss ertheilen. — Zur Erläuterung will ich die so eben betrachteten Reihen beibehalten, obschon sie für unsern Zweck nicht gerade die günstigsten sind; denn der Widerstand des Zw. II ist zu klein, als dass nicht geringe Beobachtungsfehler auf den Werth des Zweigstroms schon einen bedeutenden Einfluss ausüben sollten, wodurch der zu berechnende Widerstand des Stammes nicht sicher genug ausfällt.

Batt. $A + B$.

1. Zw. I $3\frac{1}{2}'$ K. Zw. II $=$ Th. $+ 2'$ K.

L	ϑ	α	L.	ϑ''	α''
12	5·0	3·47	24	5·1	0·885
16	8·8	3·44	32	8·6	0·840
20	13·4	3·35	40	12·8	0·794
24	18·6	3·23	48	17·1	0·742
		3·372			0·815

$a'' = 0{\cdot}492$ (nach der Meth. der gl. Wärme).

L	Neus.								
	11'8	α	15″	α	L	216″	α	228″	α
12	5·0	3·47	4·8	3·33	24	5·1	0·885	4·9	0·851
16	8·9	3·48	8·5	3·32	32	8·6	0·840	8·4	0·820
20	13·5	3·37	13·0	3·25	40	12·9	0·806	12·4	0·775
24	18·9	3·28	18·3	3·18	48	17·7	0·768	17·1	0·742
		3·400		3·270			0·825		0·797

$x = 12·5.$ $y = 220·3.$

Da der Widerstand von Zw. I $= w' = 1·4$ und von Zw. II $= w'' =$ 43·6 ist, so folgt $43·6\, a''^2 + 1·4\,(1 - a'')^2 = 12·5$, also $a'' = 0·528$. Den Widerstand des Stammes erhält man aus $St + 220·3 : St + 12·5 = 1 : a''^2$ oder $= 1 : 0·2787$; dies gibt $St = 67·8$.

2. Zw. I = 7' K. Zw. II = Th. + 2' K.

L	ϑ	α	L	ϑ''	α''
16	8·3	3·24	24	8·1	1·41
20	12·3	3·08	28	10·6	1·35
24	17·0	2·95	32	13·6	1·33
		3·090	36	16·4	1·26
					1·338

$a'' = 0·658$ (nach der Meth. der gl. Wärme).

L	Neus.								
	18″	α	24″	α	L	114″	α	120″	α
16	8·4	3·28	7·7	3·01	24	8·2	1·42	7·9	1·37
20	12·6	3·15	11·5	2·88	28	10·8	1·38	10·4	1·33
24	17·7	3·08	16·2	2·81	32	14·0	1·37	13·3	1·30
		3·170		2·900	36	17·0	1·31	16·2	1·25
							1·370		1·312

$x = 19·8.$ $y = 117·3.$

Hier ist $w' = 2·8$ und $w'' = 43·6$, also $a'' = 0·669$ und $St = 59·1$.

3. Zw. I = 14′ K. Zw. II = Th. + 2′ K.

L	ϑ	α	L	ϑ''	α''
16	7·4	2·89	20	7·4	1·85
24	15·7	2·73	30	15·7	1·75
32	26·3	2·57	40	25·6	1·60
		2·730			1·733

$a'' = 0·798$ (nach der Meth. der gl. Wärme).

L	Neus.								
	24″	α	30″	α	L.	78″	α	78″	α
16	7·9	3·09	7·4	2·89	20	7·6	1·90	7·4	1·85
24	16·6	2·88	15·6	2·69	30	16·3	1·81	15·5	1·72
32	27·1	2·65	25·7	2·51	40	26·6	1·66	25·7	1·61
		2·873		2·697			1·790		1·726

$x = 28·9.$ $y = 77·3.$

Da $w' = 5·4$ und $w'' = 43·6$ ist, so folgt $a'' = 0·811$ und St 64·3. Das Mittel aus den drei gefundenen Widerständen des Stammes ist 63·7, wofür ich mit Rücksicht auf die späteren Beobachtungen 64·0 setzen werde. Wendet man nun die vierte Methode an, die ich die Methode des Stammwiderstandes nennen will, so findet man

aus Reihe 1 : $64 + 220·3 : 64 + 12·5 = 1 : a''^2$ oder $a'' = 0·519$
„ „ 2 : $64 + 117·3 : 64 + 19·8 = 1 : a''^2$ „ $a'' = 0·680$
„ „ 3 : $64 + 77·3 : 64 + 28·9 = 1 : a''^2$ „ $a'' = 0·811.$

Diese Werthe fallen zwischen die, welche nach den beiden anderen Methoden berechnet wurden, und verdienen schon desshalb eine vorzügliche Beachtung. Man findet hieraus die äquivalente Länge von Zw. II = 3·24 = 3·29 = 3·26 Fuss, also ebenfalls Zahlen, welche fast ganz mit einander übereinstimmen. Die letzte Methode, welche, wie bereits bemerkt wurde, jedenfalls den Vorzug hat, dass sie von der Construction des Thermometers und der in ihm enthaltenen Flüssigkeit, also auch von dem Gange desselben unabhängig ist, und nur verlangt, dass die Batterie constant und ihre Schlagweite inner-

halb derselben, ein für allemal angenommenen Grenzen bleibt, gestattet überdies, was beim Experimentiren eine grosse Bequemlichkeit gewährt, dass man im Stamme und im Zweige verschiedene Thermometer anwenden kann, sofern nur die Widerstände derselben einander gleich sind; man braucht also das Thermometer nicht zu verstellen, und kann dadurch, dass man in den Zweig ein empfindlicheres Instrument als in den Stamm einfügt, viel leichter ihrer Grösse nach bequeme Zahlen erlangen. Später werde ich einige dergleichen Reihen anführen; zunächst gebe ich in den beiden folgenden Tabellen mit Hinzufügung der so eben mitgetheilten die Resultate aus den übrigen hieher gehörigen Beobachtungen, und zwar nach den vier verschiedenen Methoden der gleichen Ladung (1), der gleichen Wärme (2), des Widerstandes (3) und des Stammwiderstandes (4), wo für Batt. $A + B$ $St = 64{\cdot}0$ und für Batt. A $St = 68{\cdot}0$ gesetzt ist.

Batt. $A + B$.

Nr.	Zw. I	Zw. II	a'' (1)	a'' (2)	x	a'' (3)	y	St	a'' (4)
1	$3^1/_2$′ K.	Th. + 2′ K.	0·531	0·498	12·5	0·528	220·3	67·8	0·519
				0·494					
				0·492					
2	7′ K.	Th. + 2′ K.	0·693	0·667	19·8	0·669	117·3	59·1	0·680
			0·688	0·666					
				0·658					
3	14′ K.	Th. + 2′ K.	0·827	0·807	28·9	0·811	77·3	64·3	0·811
			0·827	0·807					
				0·799					
4	B + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·724	0·696	33·1	—	121·6	—	0·723
			0·722	0·697					
5	12′ K.	Th. + B	0·672	0·640	77·2	0·660	261·6	65·1	} 0·661
					78·1	0·664	259·6	64·8	
6	26″ Pl. + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·710	0·682	30·6	—	124·5	—	0·708
7	8′ K.	Th. + 26″ Pl.	0·589	0·549	53·3	0·591	276·0	66·0	} 0·592
					54·0	0·592	268·4	61·7	
								64·1	

Nr.	Zw. I	Zw. II	a'' (1)	a'' (2)
8	Sp. I + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·959	0·954
9	Sp. I (II × $1^1/_2$) + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·930	0·921
10	Sp. I (II × 8) + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·935	0·927
11	Sp. I (II × $BP^1/_2$) + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·935	0·927

Batt. A.

Nr.	Zw. I	Zw. II	a'' (1)	a'' (2)	x	a'' (3)	y	St	a'' (4)
4	B + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·718	0·681					
5	12′ K.	Th. + B.	0·708	0·678	85·7	0·696	252:0	70·4	0·693
6	26″ Pl. + 4′ K.	Th. + 2′ K.	0·707	9·676	30·3	—	128·5	—	0·707
7	8′ K.	Th. + 26″ Pl.	0·634	0·592	58·7	0·620	263·0	68·8	0·619

Die nach Methode (1) berechneten Werthe von a'' sind durchgängig grösser als die nach Methode (2); Methode (3) und (4) dagegen geben fast überall Werthe, welche zwischen jene beiden fallen, doch so, dass sie sich mehr den ersteren anschliessen. Über den eigentlichen Werth der Methoden lässt sich natürlich bis jetzt noch kein begrünndetes Urtheil fällen; sonderbar ist es jedoch, dass nach allen Berechnungsweisen Batterie A einen grösseren Stromtheil a'' unter Nr. 5 und 7 als Batterie $A + B$ liefert, also in den Fällen, wo sich in Zw. II schlechter leitende Dräthe, in Zw. I nur Kupferdräthe befinden. Ich will indess noch einige Reihen mittheilen, wo Methode (3) ausschliesslich in Anwendung kommt, und werde dann erst zu den Beobachtungen übergehen, welche den so eben erwähnten sonderbaren Fall näher beleuchten.

Der Stamm blieb unverändert, Zw. I erhielt Kupferdrath, Zw. II 70″ Pldr. Nr. 4 (s. oben), dessen Widerstand, vorher besonders bestimmt, = 86·6 gefunden wurde.

Batt. $A + B$.

Zw. I = 8′ K. Zw. II = 70″ Pldr.

L	ϑ	ϑ	α	18″ N.	α	24″ N.	α
24	16·5	16·5	2·865	18·0	3·125	16·9	2·934
32	27·1	27·0	2·638	29·7	2·900	27·4	2·676
40	40·1	39·4	2·484	42·6	2·662	40·4	2·525
			2·659		2·896		2·712

$x = 25\cdot8$ und aus $86\cdot6\ a''^2 + 3\cdot1\ (1 - a'')^2 = 25\cdot8\ \ a'' = 0\cdot539$.

Zw. I = 16′ K. Zw. II = 70″ Pldr.

L	ϑ	ϑ	α	36″ N.	α	42″ N.	α
24	13·6	13·9	2·387	14·7	2·552	14·0	2·431
32	22·5	22·5	2·197	24·0	2·344	22·8	2·227
40	33·0	32·7	2·044	35·0	2·188	33·2	2·075
			2·209		2·361		2·244

$x = 43\cdot8$ und aus $86\cdot6\ a''^2 + 6\cdot2\ (1 - a')^2 = 43\cdot8\ \ a'' = 0\cdot707$.

Zw. I = 24′ K. Zw. II = 70″ Pldr.

L	ϑ	ϑ	α	54″ N.	α
24	12·5	12·5	2·170	12·5	2·170
32	20·8	20·7	2·026	20·7	2·022
40	30·2	30·2	1·888	30·3	1·894
			2·028		2·029

$x = 54{\cdot}0$ und aus $86{\cdot}6\, a''^2 + 9{\cdot}2\, (1-a'')^2 = 54{\cdot}0\, a'' = 0{\cdot}787$.

Zuerst wurden im Stamme die Erwärmungen ϑ beobachtet, dann wurden die Zweige aufgelöst und durch Einfügung von Neusilberdrath der Widerstand x ermittelt, endlich wurden zum Schluss die Beobachtungen im Stamme repetirt, und aus dem Mittel beider Zahlen die Werthe von α hergeleitet. Diese 3 Reihen geben die äquivalente Länge von 70″ Pldr. = 6·98 — 6·63 — 6·82 im Mittel = 6·81 Fuss K. In der Absicht, die Schärfe des Resultates zu prüfen, machte ich hierauf folgende Reihen durch:

Batt. $A + B$.

1. Zw. I. = Sp. I (II × 1 ½); Zw. II = 70″ Pldr.

L	ϑ	α
24	12·0	2·083
32	19·5	1·904
40	28·1	1·756
		1·914

2. Zw. I = Sp. II; Zw. II = 70″ Pldr.

L	ϑ	α
24	12·0	2·083
32	19·6	1·914
40	28·1	1·756
		1·917

3. Zw. I = Sp. I + II ctr.; Zw. II = 70″ Pldr.

L	ϑ	α
24	11·8	2·050
32	19·2	1·871
40	28·1	1·756
		1·892

4. Zw. I = Sp. II; Zw. II = 70″ Pldr. + 8′ K.

L	ϑ	α
24	13·9	2·413
32	22·7	2·222
40	33·0	2·062
		2·232

L	Neus.					
	60″	α	54″	α	42″	α
24	11·8	2·050	12·5	2·170	14·1	2·448
32	19·4	1·894	20·3	1·982	22·9	2·236
40	21·2	1·762	30·3	1·875	33·3	2·081
		1·902		2·009		2·255

Dies gibt:

Reihe 1 : x = 59·3	a'' = 0·823	und äq. L. von Zw. I	=	31·8
„ 2 : 59·0	0·822	„	„	31·5
„ 3 : 60·6	0·832	„	„	33·7
„ 4 : 43·2	0·686	„	„	32·3

Die äquivalenten Längen der 3 Drathverbindungen wurden in der gewöhnlichen Weise auf Kupferdrath bezogen, indem 70″ Pldr. = 6·81 Fuss K. gesetzt wurden. Die gefundenen Werthe stimmen insofern mit den in der früheren Abhandlung angegebenen überein, als sie unter einander im gleichen Verhältniss stehen, allein in der absoluten Länge weichen sie etwa um 4′ ab. Dies würde die Giltigkeit von Methode (3) und damit auch von Methode (4) bedeutend herabsetzen, wenn nicht, wie das Spätere zeigen wird, hier noch ganz besondere Verhältnisse vorlägen. Die Reihen können unter diesen Umständen über den Werth der Methode nicht entscheiden [1]).

Ich gehe jetzt zu dem vorher erwähnten Falle über, dass durch schlechter leitende Dräthe ein stärkerer Stromtheil geht, wenn die Batterie weniger Flaschen enthält. Um die Untersuchung in keiner Beziehung lückenhaft zu lassen, stellte ich die Beobachtung der Stromstärke im Stamme und in beiden Zweigen an, nahm jedoch nur auf die beiden ersten Methoden der Berechnung Rücksicht. Zu Zw. I wurde 5½′ K. und ein Therm., zu Zw. II *B* 1′ K. und ein Therm. (resp. Gestell) genommen, der Stamm blieb wie bisher Therm. + 14′ K. Die Beobachtungen im Stamme sind mit ϑ, in Zw. I mit ϑ', in Zw. II. mit ϑ'' bezeichnet.

[1]) Vergl. den Nachtrag.

Batt. $A + B$.

L	ϑ	α	L	ϑ'	α'	ϑ''	α''
12	3·3	2·29	24	4·6	0·799	2·5	0·434
16	6·0	2·34	32	8·0	0·781	4·4	0·430
20	8·9	2·25	40	11·7	0·731	6·9	0·431
24	12·4	2·12	48	16·0	0·694	9·5	0·421
28	16·5	2·10	56	20·8	0·663	12·1	0·386
32	21·0	2·05					
40	30·4	1·90					
48	41·2	1·79					

a' (1) = 0·614, a'' (1) = 0·463 also $\frac{a'}{a''}$ = 1·33
a' (2) = 0·581, a'' (2) = 0·431 „ „ = 1·36

Eine Repetition der Reihe gab:

a' (1) = 0·624, a'' (1) = 0·473 „ „ = 1·32
a' (2) = 0·588, a'' (2) = 0·434 „ „ = 1·35

Batt. A.

L	ϑ	α	L	ϑ'	α'	ϑ''	α''
16	2·6	1·016	32	3·1	0·303	2·5	0·244
24	5·8	1·007	40	4·6	0·275	3·8	0·238
32	9·9	0·967	48	6·4	0·278	5·1	0·221
40	14·5	0·906	56	8·3	0·265	6·6	0·210
48	19·5	0·844	64	10·3	0·251	8·1	0·198
56	25·1	0·800					
64	30·9	0·754					

a' (1) = 0·566, a'' (1) = 0·510 also $\frac{a}{a''}$ = 1·11
a' (2) = 0·524, a (2) = 0·472 „ „ = 1·11

Batt. $A + B + 2F$[1]).

L	ϑ	α	ϑ'	α'	ϑ''	α''
12	7·2	5·00	—	—	—	—
16	12·1	4·72	5·4	2·11	2·0	0·781
20	18·2	4·55	8·4	2·10	3·1	0·775
24	24·9	4·32	11·7	2·03	4·3	0·747
28	32·5	4·14	15·1	1·93	5·7	0·727

a' (1) = 0·679, a'' (1) = 0·413 also $\frac{a'}{a''}$ = 1·64
a' (2) = 0·652.

[1]) $2F = F_2 + F_3$.

Das Verhältniss der beiden Zweigströme gegen einander ist nach beiden Methoden nahe gleich; absolut genommen sind die Werthe nach Methode (1) hier zu gross, nach Methode (2) ziemlich genau. — Diese Beobachtungen lassen keinen Zweifel zurück, dass mit Vergrösserung der Batterie der durch den schlecht leitenden Zweig hindurchgehende Stromtheil verringert wird.

In den folgenden drei Reihen erhielt Zw. I nur Kupferdrath, nämlich 7′, Zw. II und der Stamm waren unverändert.

Batt. $A + B + 2F$.

L	ϑ	α	L	ϑ''	α''
12	8·0	5·55	16	2·7	1·056
16	13·8	5·35	20	4·1	1·025
20	20·5	5·12	24	5·8	1·007
24	28·6	4·96	28	7·7	0·988
			32	9·7	0·950
			36	12·0	0·926

$\alpha''(1) = 0·447, \alpha''(2) = 0·419.$

Batt. $A + B$.

L	ϑ	α	L	ϑ''	α''
12	3·7	2·57	24	3·4	0·585
16	6·4	2·52	32	5·8	0·566
20	9·8	2·46	40	8·4	0·525
24	13·5	2·34	48	11·5	0·499
28	18·0	2·29	56	14·7	0·469
32	22·4	2·19			
40	32·7	2·04			
48	45·0	1·95			

$\alpha''(1) = 0·499, \alpha''(2) = 0·463.$

Batt. A.

L	ϑ	α	L	ϑ''	α''
16	3·0	1·172	32	3·0	0·293
24	6·2	1·076	40	4·4	0·275
32	10·5	1·025	48	6·1	0·265
40	15·4	0·962	56	7·8	0·249
48	20·8	0·902	64	9·5	0·232
56	26·2	0·836			
64	32·5	0·793			

$\alpha''(1) = 0·539, \alpha''(2) = 0·491.$

Diese Reihen liefern ein zu merkwürdiges Resultat, als dass ich es nicht noch auf eine andere Weise hätte fester bestimmen sollen. Es wurde demnach ganz ähnlich wie in der früheren Abhandlung Bd. 36, p. 434, ein verzweigter Schliessungsbogen gebildet, in welchem der Stamm nur aus 12′ K. bestand, der aber auch um 70″ Pldr. Nr. 4 verlängert werden konnte; von den Zweigen, deren jeder ein Thermometer (resp. das ihm entsprechende Gestell) enthielt, nahm Zw. II den zu untersuchenden Drath auf, Zw. I gewöhnlichen Kupferdrath K. und nur in einem Falle Neusilberdrath N. Zw. I wurde dann soweit verändert, bis die Erwärmungen ϑ' und ϑ'' in beiden Zweigen gleich wurden, und damit die äquivalente Länge der Dräthe bis auf eine kleine Correction wegen der beiden unter ungleichen Verhältnissen eingefügten Thermometer mit Sicherheit hervorging.

In den folgenden Tabellen habe ich bei Angabe der in den Zweigen enthaltenen Dräthe die beiden Thermometer fortgelassen und nur die übrigen Dräthe angeführt; die 26″ Pl. sind Platindrath von der Stärke des im Thermometer enthaltenen; Th. unter Zw. II bedeutet das dem Thermometer entsprechende Gestell.

Batt. *A*.

Stamm = 12′ K.

Zw. II	Zw. I	L	ϑ'	ϑ''	Äq. Länge
B + 2′ K.	6′ K.	40	6·0	6·0	B = 4′ K.
		48	8·2	8·1	
		56	10·6	10·4	
		64	12·9	12·9	
7′ N.	9′ K.	40	7·0	7·4	7′ N = 8′7 K.
		48	9·3	9·9	
	8′5	40	7·3	7·2	
		48	10·0	9·6	
B + 2′ K.	5′5 N.	48	5·8	7·5	B + 2′ K. = 4′7 N.
	4′5	48	7·4	6·9	
26″ Pl.	3′5 K.	48	14·0	10·2	26″ Pl. = 4′4 K.
	4′	48	12·4	10·9	
	4′5	48	10·9	11·3	
		56	12·8	13·4	
70″ Pldr.	8′ K.	40	6·1	6·8	70″ Pldr. = 7′5 K.
	7′5	40	6·5	6·5	
Th. + 2′ K. . . .	4′ K.	40	7·5	9·4	Th. = 1′3 K.
	3′5	40	8·1	8·8	
	3′	40	8·9	8·0	
Sp. II + 4′ K. . .	34′ K.	48	11·1	11·0	Sp. II = 30′ K.

Stamm = 12' K + 70" Pldr.

Zw. II	Zw. I	L	ϑ'	ϑ''	Äq. Länge
B + 2' K.	6' K.	40	3·4	2·8	B = 5' K.
		48	4·6	3·9	
	7'	40	3·0	3·0	
		48	4·1	4·1	
7' N.	8'5 K.	40	3·3	3·0	
	9'	40	3·2	3·2	7' N. = 9' K.
		48	4·2	4·2	
26" Pl.	4'5 K.	56	7·6	6·2	26" Pl. = 5'2 K.
	5'5	56	6·5	7·0	

Batt. $A + B$.

Stamm = 12' K.

Zw. II	Zw. I	L	ϑ'	ϑ''	Äq. Länge
B + 2' K.	7'6 K.	32	8·8	8·8	B = 5'6 K.
		40	12·7	12·9	
7' N.	9' K.	32	11·0	10·7	7' N. = 9'2 K.
		40	16·0	15·6	
	9'5	32	10·6	10·9	
		40	15·2	15·8	
B + 2' K.	6'5 N.	32	6·1	7·6	B + 2' K = 5'6 N.
	5'5	32	7·1	7·0	
26" Pl.	5'5 K.	48	19·4	18·2	26" Pl. = 5'7 K.
	6'	48	17·2	18·9	
26" Pl. + 2' K. . .	7'5 K.	32	8·2	9·9	26" Pl. = 4'8 K.
	7'	32	9·0	9·5	
70" Pldr.	7'5 K.	40	16·3	14·2	70" Pldr. = 8' K.
	8'	40	15·1	15·0	
Th. + 2' K.	3'5 K.	32	12·9	12·2	Th. = 1'7 K.
	4'	32	11·8	13·0	
Sp. II + 4' K. . .	40' K.	24	6·7	9·5	Sp. II = 30' K.
		32	11·1	15·5	
	32'	32	14·3	13·0	
	35'5	32	12·9	14·0	
	34'	32	13·5	13·5	
Sp. II (I×1·5)+4'K.	24' K.	32	11·8	16·2	Sp. II (I×1·5)=16'3 K.
	20'	32	14·2	14·0	
Sp. II (I×8) + 4'K.	21' K.	32	14·3	13·9	Sp. II (I×8)=17'4 K.
	22'	32	13·9	14·4	
Sp. II (I×B.2) +4'K.	20' K.	32	13·0	11·6	Sp. II (I.×B.2)=17'2 K.
	22'	32	11·8	12·5	
	21'	32	12·2	12·0	

Stamm = 12′ K. + 70″ Pldr.

Zw. II	Zw. I	L	ϑ'	ϑ''	Äq. Länge
B + 2′ K.	9′ K.	32	4·3	4·3	B = 7′ K.
		40	6·5	6·4	
7′ N.	10′ K.	32	4·3	4·3	7′ N. = 10′ K.
		40	6·4	6·4	
26″ Pl.	6'5 K.	48	9·7	8·6	26″ Pl. = 6'9 K.
	7′	48	9·2	9·3	
Sp. II + 4′ K. . .	32′ K.	32	4·9	4·4	Sp. II = 30′ K.
	35'5	32	4·5	4·8	

Batt. $A + B + 2F$.
Stamm = 12′ K.

Zw. II	Zw. I.	L	ϑ'	ϑ''	Äq. Länge
B + 2′ K.	10′ K.	24	10·5	10·9	B = 7'7 K.
		32	17·2	17·8	
	9'5	24	10·9	10·6	
		32	17·8	17·4	
B + 10′ K.	17'5K.	24	9·0	11·0	B = 5'7 K.
		32	14·8	17·7	
	15'5	24	10·4	10·3	
		32	17·3	17·1	
7′ N.	10′ K.	24	13·4	13·1	7′ N. = 10'2 K.
B + 2′ K.	7′ N.	24	7·9	8·6	B + 2′ K. = 6'6 N.
	6′	24	9·0	8·0	
	6'5	24	8·5	8·3	
26″ Pl.	7′ K.	40	29·8	26·3	26″ Pl. = 7'6 K.
	8′	40	26·0	28·0	

Stamm = 12′ K. + 70″ Pldr.

Zw. II	Zw. I	L	ϑ'	ϑ''	Äq. Länge
B + 2′ K.	11′ K.	24	5·6	4·9	B = 10′ K.
		32	9·5	8·1	
	12′	24	5·1	5·1	
		32	9·0	8·8	
26″ Pl.	10′ K.	40	13·4	14·0	26″ Pl. = 9'6 K.
	9'5	40	14·1	13·7	

Aus diesen Tabellen entnehmen wir das Resultat, dass die äquivalente Länge schlecht leitender Dräthe sowohl durch Vermehrung des Widerstandes als durch Vergrösserung der Batterie vergrössert

wird, dagegen abnimmt, wenn sich in demselben Zweige noch Kupferdrath d. h. ein gut leitender Drath befindet; der andere Zweig scheint in einem etwas grössern Verhältniss, als er den Widerstand ändert, Einfluss auszuüben. Die Stärke der Ladung, welche die Batterie aufnimmt, ist ohne Bedeutung. Aus diesem Resultate folgt, dass, abgesehen von dem Einfluss des Kupferdraths im Zweige selbst, die Zeit, in welcher sich die Batterie entladet, das entscheidende Moment zur Normirung der äquivalenten Längen hergibt, denn die stärkere Ladung bedingt nach allen anderweitigen Versuchen keine längere Zeitdauer, wohl aber währt der Strom länger, wenn die Batterie grösser, oder der Widerstand in der Leitung bedeutender ist. Dies Resultat beseitigt nun nicht nur die Differenzen, welche in der citirten Abhandlung Bd. 36 hervorgetreten waren und dort noch nicht bestimmt genug erklärt werden konnten, weil die Versuche nicht auf ungleiche Batterien ausgedehnt wurden, sondern es hebt auch den Unterschied zwischen der elektrischen und der galvanischen Stromtheilung scharf hervor, während es zugleich fest auf den Punkt hindeutet, wo die eine wieder in die andere übergeht. Nennen wir nämlich denjenigen Strom einen elektrischen, in welchem die vorhandene Spannung momentan sich auflöst, und denjenigen einen galvanischen, wo die Spannung sich continuirlich in gleicher Stärke erhält, wo also der Strom continuirlich in gleicher Stärke verläuft, so dürfen wir jetzt als einfaches Gesetz der Stromtheilung aufstellen, dass bei jenem die Theilung umgekehrt proportional zu den Längen, bei diesem umgekehrt proportional zu den Widerständen der Zweige erfolgt. Geht aber der elektrische Strom mehr in einen stationären über, wächst also seine Zeitdauer, so erlangen die schlecht leitenden Dräthe eine grössere äquivalente Länge, d. h. sie fangen allmählich an mehr und mehr ihrem Widerstande gemäss den Strom von dem Zweige abzulenken, in welchem sie enthalten sind. Mögen wir gleich noch nicht zu erklären im Stande sein, warum die Theilung beim elektrischen Strom umgekehrt proportional zu den Längen erfolgt, mit welcher Erklärung übrigens die richtige Einsicht in die Wirkungsweise der zu schlechten Leitern hinzugefügten Kupfer- oder anderer besser leitender Dräthe zusammenhängt, so zeigt doch das aus den Beobachtungen entnommene Resultat, dass man es hier nicht etwa mit einer durch irgend welche Verhältnisse gestörten galvanischen Stromtheilung, sondern mit einer eigenthümlichen, eben durch die

eigenthümliche Beschaffenheit des elektrischen Stromes bedingten zu thun hat, gerade so, wie der elektrische Strom einen eigenthümlichen Nebenstrom erzeugt, und wie er auf eigenthümliche Weise, abhängig von der Länge der Schliessungsdräthe, die Nebenbatterie ladet und zum strömen bringt. — Für den Experimentator gibt das gefundene Resultat den Vermerk, in zusammengehörigen Reihen nicht die Batterie zu verändern, und eben so wenig von Thatsachen, die bei grossem Widerstande im Schliessungsdrathe erhalten sind, auf gleiche bei besserer Leitung zu schliessen. Ich glaube, dass die elektrische Stromtheilung gerade desshalb bisher verkannt worden ist, weil man einestheils fand, dass Zahlen bei ungleichen Batterien gewonnen, unter einander nicht dieselbe Übereinstimmung gaben, welche sonst in anderen Fällen vorhanden ist, und man demnach die Stromtheilung, eben weil sie nach solchen Beobachtungen schwankend ausfiel, als eine regellose und durch irgend welche Ursache gestörte ansah, dann weil man anderseits die elektrische Stromtheilung mit denjenigen Hilfsmitteln untersuchte, welche man beim galvanischen Strom anwendet, und zu diesem Behufe den Strom stark hemmte; so kam man natürlich auf Beobachtungen, welche die für den galvanischen Strom geltenden Gesetze annähernd wiedergaben und keine Veranlassung darboten, für den elektrischen Strom besondere Gesetze aufzustellen, oder die für ihn aufgestellten als begründet anzunehmen.

Die äquivalente Länge von Sp. II, bei welcher die grössere Länge durch die Induction von einer Windung auf die andere und nicht durch den Widerstand bewirkt wird, erleidet durch den Wechsel der Batterie oder durch Vergrösserung des Stammwiderstandes keine bemerkbare Änderung. Desto auffallender ist es, dass diese Länge, die ich früher = 36′ K. bestimmt hatte, jetzt nur 30′ beträgt. Ebenso geht Sp. II (I × 1 ½), früher bestimmt zu 18′5, jetzt auf 16′3 zurück. Da der einzige Unterschied gegen früher darin lag, dass in Zw. II die 4′ K. fehlten, so ersetzte ich sie durch 0′8 (Thermometer V ist etwas niedrig, so dass die Verbindungsdräthe nicht kleiner sein können), fand aber bei mehrfacher Repetition als äquivalente Länge ebenfalls 30′8. Ich vermuthe, dass auf diesen Werth die Temperatur oder der Feuchtigkeitszustand der Luft einen Einfluss ausübt, da die früheren Versuche im Winter angestellt waren; ich werde also die Sache später wieder aufnehmen. Für die frühere Arbeit bleibt dies

übrigens ohne Bedeutung, denn die Länge der Spirale geht auch jetzt in einem ziemlich gleichen Verhältniss zurück, wenn die andere geschlossen wird[1]).

Es kam nun darauf an, Fälle zu wählen, in welchen die Stromtheilung bekannt ist, an welchen also die verschiedenen Methoden geprüft werden können; es sind dies diejenigen Fälle, wo die elektrische Stromtheilung mit der galvanischen zusammenfällt. Zuerst wurden beide Zweige gleich gemacht, bestehend aus Thermometer + 4′ K.; der Stamm blieb unverändert; in ihm wurde zweimal am Anfang und am Ende beobachtet.

Batt. $A + B$.

Zw. I = Zw. II = Th. + 4′ K.

L	ϑ	α	ϑ	α	L	ϑ'	α'	ϑ''	α''
12	4·5	3·12	4·6	3·19	24	4·4	0·764	4·2	0·729
16	8·0	3·12	8·0	3·12	28	5·7	0·727	5·5	0·702
20	12·0	3·00	12·0	3·00	32	7·2	0·703	7·0	0·683
24	16·6	2·89	16·8	2·91	36	9·0	0·694	8·7	0·671
28	21·7	2·77	21·8	3·78	40	10·8	0·675	10·4	0·650
32			27·4	2·69	44	12·8	0·661	12·2	0·630

Die Methode der gleichen Ladung gibt $a' = 0{\cdot}512$, $a'' = 0{\cdot}503$, die Methode der gleichen Wärme $a' = 0{\cdot}477$, $a'' = 0{\cdot}468$; Methode (1) liefert also etwas zu grosse, Methode (2) zu kleine Werthe.

Die Wärme in beiden Zweigen ist nicht ganz gleich, obschon diese Zweige so gleichmässig als nur möglich gestellt waren.

Um den Widerstand x und y zu bestimmen, dienen folgende Beobachtungen:

L	Neus.								
	21″	α	24″	α	L	270″	α	294″	α
16	8·2	3·20	8·0	3·12	24	4·4	0·764	4·1	0·712
20	12·2	3·05	11·9	2·98	28	5·8	0·740	5·5	0·702
24	16·9	2·93	16·4	2·85	32	7·4	0·723	6·9	0·674
28	22·1	2·82	21·6	2·75	36	9·2	0·710	8·6	0·663
32	27·8	2·71	27·0	2·64	40	11·1	0·694	10·5	9·656
					44	13·0	0·671	12·2	0·630

[1]) Vergl. den Nachtrag.

Hieraus folgt $x = 22·7$ und $a' = a'' = 0·506$. Dieser etwas zu grosse Werth hängt wohl, wie oben beim Widerstand bemerkt wurde, mit dem etwas zu feinen Platindrath zusammen. Ferner ist nach dem Mittel von ϑ' und ϑ'' $y = 284·2$, demnach aus St + 22·7 : St + 282·2 = 1 : 4 St = 63·8, oder umgekehrt mit dem angenommenen Mittelwerth St = 64·0 wird nach Methode (4) $a' = a'' = 0·500$.

Batt. *A*.

Zw. I = Zw. II = Th. + 4′ K.

L	ϑ	α	ϑ	α	L	ϑ'	α'	ϑ''	α''
16	3·8	1·48	3·8	1·48	32	3·5	0·342	3·4	0·332
24	8·0	1·39	8·0	1·39	40	5·3	0·331	5·2	0·325
32	13·5	1·32	13·6	1·33	48	7·1	0·308	6·9	0·300
40	19·3	1·21	19·5	1·22	56	9·3	0·297	9·1	0·290
48	26·1	1·13	26·4	1·14	64	11·4	0·278	11·1	0·271

Nach Methode (1) ist $a' = 0·517$, $a'' = 0·510$, nach Methode (2) $a' = 0·487$; $a'' = 0·482$, also wie vorher der eine Werth zu gross der andere zu klein.

L	Neu.								
	21″	α	24″	α	L	270″	α	294″	α
16	4·0	1·56	3·8	1·48	32	3·7	0·361	3·5	0·342
24	8·4	1·46	8·2	1·42	40	5·4	0·338	5·2	0·325
32	14·0	1·37	13·6	1·33	48	7·6	0·329	7·1	0·308
40	20·1	1·25	19·6	1·22	56	9·9	0·316	9·3	0·297
48	26·3	1·16	26·0	1·13	64	12·4	0·303	11·8	0·288

Man findet $x = 24·0$, was zur Methode (3) nicht benutzt werden kann, und für das Mittel von ϑ' und ϑ'' $y = 299·6$, woraus St = 67·9 folgt, ein Werth, der oben zur Berechnung angenommen wurde, also hier keine weitere Entscheidung für Methode (4) liefert.

Bevor vollständige Reihen mit Zweiglängen wie 1 : 2 angestellt wurden, war das Verhältniss der Erwärmungen ϑ' und ϑ'' näher zu untersuchen; es wurde also, um grössere und somit zuverlässigere Zahlen zu gewinnen, das Thermometer im Stamm fortgelassen. Die Zweige wurden ausserdem umgestellt, damit kleine Störungen kenntlich und

unschädlich würden; diese veränderte Lage wird in den Tabellen dadurch bezeichnet, dass einmal ϑ' hinter ϑ'', dann ϑ'' hinter ϑ' steht.

Batt. $A + B$.

Stamm = 12′ K; Zw. I = 2 Th. + 4′ K; Zw. II = 1 Th. + 2′ K.

L	ϑ''	ϑ'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$	ϑ'	ϑ''	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
16	6·7	1·6	4·19	1·6	6·6	4·12
24	14·1	3·5	4·03	3·6	14·0	3·89
32	23·1	6·0	3·85	6·0	23·0	3·83
40	33·5	8·9	3·76	9·0	33·1	3·68
48	45·3	11·8	3·84	12·0	44·6	3·55
			3·93			3·81

Batt. A.

Stamm = 12′ K; Zw. I = 2 Th. + 4′ K; Zw. II = 1 Th. + 2′ K.

L	ϑ''	ϑ'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$	ϑ'	ϑ''	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
24	6·8	1·5	4·52	1·6	6·4	4·00
32	11·1	2·6	4·27	2·7	10·6	3·93
40	16·1	3·9	4·13	4·0	15·5	3·88
48	21·2	5·2	4·08	5·4	20·5	3·80
56	26·4	6·5	4·06	6·9	25·8	3·74
64	32·3	8·0	4·04	8·4	31·2	3·71
			4·13			3·84

Batt. $A + B$.

Stamm = 12′K; Zw. I = 2 Th. + 4′Neus.; Zw. II = 1 Th. + 2′Neus.

L	ϑ''	ϑ'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$	ϑ'	ϑ''	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
24	10·5	2·7	3·89	2·7	10·5	3·89
32	17·5	4·5	3·89	4·5	17·3	3·85
40	25·2	6·6	3·82	6·8	25·2	3·71
48	34·0	9·0	3·78	9·2	33·6	3·65
			3·85			3·78

Diese Reihen bieten dadurch ein beachtenswerthes Resultat dar, dass sie das Verhältniss $\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$ nahe = 4, nämlich = 3·93 — 3·81 — 4·18 — 3·84 — 3·85 — 3·78, im Mittel = 3·90 geben. Gingen wir

im Anfange der Abhandlung von der Ansicht aus, dass die grösseren Zahlen nur darum nicht proportional zum Quadrat der Ladung wüchsen, weil sie durch den Widerstand in der Röhre stärker gehemmt würden, so finden wir hier, dass sie bei gleicher Ladung fast genau proportional zum Quadrat der Stromstärke ausfallen, ja dass die ganz kleinen Zahlen eher etwas zu gering sind. Früher haben wir überdies noch gesehen, dass in Th. V die grösseren Zahlen gegen Th. II etwas zurückbleiben, wäre also hier Th. II angewandt worden, so würde sicher dies Instrument auch die grösseren Zahlen in beiden Zweigen bei den stärkeren Ladungen noch mehr in das richtige Verhältniss von 1 : 4 gebracht haben. Man kann sich von der Thatsache am besten überzeugen, wenn man z. B. in der ersten Reihe unter ϑ'' 6·7 mit 23·1 für $n = 16$ und $n = 32$ vergleicht, und damit 6·0 unter ϑ' bei $n = 32$ zusammenstellt; ebenso 14·1 und 45·3 unter ϑ'' bei $n = 24$ und $n = 48$ und daneben 11·8 unter ϑ' bei $n = 48$. Die übrigen Reihen bieten dieselben Verhältnisse dar. Frägt man nun, warum 45·3 bei $n = 48$ nicht mehr das Vierfache von 14·1 bei $n = 24$ ist, ebenso wie 45·3 unter ϑ'' von 11·8 unter ϑ', so kann offenbar der Grund nicht im Widerstande durch die Röhre gesucht werden, aber eben so wenig auch darin, dass etwa 24 und 48 nicht richtig normirt wären. Der Funkenmesser gibt die Distanzen der Kugeln an, welche eingestellt werden sollen, denn die Schraube ist zuverlässig; wollte man ferner die Zahlen nicht gelten lassen, weil die Ladung proportional zur Schlagweite wäre, so hätte man $n = 21$ und $= 45$, also für die zu erwartenden Erwärmungen das Verhältniss $(21)^2 : (45)^2$ oder $= 1 : 4·59$, welches die Schwierigkeiten nur noch steigern würde. Ich bin der Ansicht, dass bei den stärkeren Ladungen einestheils ein grösserer Widerstand in der durchbrochenen Luftschicht vorhanden ist, anderentheils dass die Strömung etwas modificirt wird, woraus eine geringere Erwärmung entsteht. Zu dieser letztern Ansicht veranlasst mich der Umstand, dass die Nebenbatterie durch stärkere Ladungen im Verhältniss weniger geladen wird, als durch schwächere, was wohl anders kaum erklärlich ist, als durch die Annahme einer veränderten Strömungsweise. Vielleicht dürfte man auch hieher die oben mitgetheilten Beobachtungen rechnen, nach denen schwächere Ströme mehr als stärkere in Eisendrath gehemmt werden. Allein wie man auch die hier vorliegenden Verhältnisse ansehen möge, jedenfalls haben diese

Reihen insofern einen bedeutenden Werth, als sie lehren, dass man die Stromtheilung ziemlich sicher aus der Vergleichung der Erwärmungen in beiden Zweigen abnehmen könne, also, wenn anders in beide Zweige ein Thermometer eingefügt werden darf, ziemlich leicht zum Ziele zu gelangen im Stande ist. Nur in den Fällen, wo die Ströme in den Zweigen noch ungleicher sind, also die Erwärmungen, welche im Quadrat der Stromstärke wachsen, noch weiter auseinander gehen, dürften die zu kleinen Zahlen in dem einen Zweige eine genaue Vergleichung erschweren, wo nicht gar unthunlich machen.

Ich will noch zwei Reihen anführen, in denen die äquivalenten Längen der Zweige nach den früheren Beobachtungen auch nahe wie 1 : 2 sein werden.

Batt. *A*.

Stamm = 12′ K; Zw. I = 2 Th. + 12′ K; Zw. II = 1 Th. + *B* + 1′ K.

L	ϑ''	ϑ'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
32	5·1	1·2	4·25
40	7·7	1·9	4·16
48	10·3	2·7	3·81
56	13·2	3·5	3·77
64	16·0	4·2	3·81
			3·96

Batt. *A* + *B*.

Stamm = 12′ K; Zw. I = 2 Th. + 15′ 2 K; Zw. II = 1 Th. + *B* + 1′ K.

L	ϑ''	ϑ'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
24	6·4	1·5	4·26
32	10·6	2·6	4·08
40	15·4	3·9	3·95
48	20·5	5·5	3·73
			4·00

Wurde dagegen der Widerstand des Stammes um 70″ Platindrath vergrössert, so ging die letzte Reihe über in:

L	ϑ''	ϑ'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
24	3·4	1·1	3·09
32	5·7	1·9	3·00
40	8·5	2·8	3·03
48	11·7	4·0	2·92
			3·01

Die Zweige wurden verändert, indem die äquivalente Länge von B wuchs; das Verhältniss $\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$ sinkt hier auf 3·01 herab.

Nachdem hierauf das Thermometer auch in den Stamm eingesetzt war, entstand folgende Reihe:

Batt. $A + B$.

Stamm: Th. + 14′K; Zw. I = 2 Th. + 4′K; Zw. I = 1 Th. + 2′ K.

L	ϑ	ϑ	α Mittel	ϑ''	α''	ϑ'	α'	$\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$
16	7·5	7·5	2·93	3·2	1·25	0·8	0·312	4·00
20	11·0	11·5	2·81	5·0	1·25	1·3	0·325	3·85
24	15·7	15·8	2·74	6·8	1·18	1·7	0·295	4·00
28	20·4	20·5	2·61	9·2	1·17	2·4	0·306	3·83
32	25·6	25·6	2·50	11·6	1·13	3·2	0·312	3·62
36	31·5	31·4	2·42	14·2	1·10	3·9	0·301	3·64
40	37·7	37·7	2·35	17·0	1·06	4·5	0·281	3·78
48	—	—	—	23·1	1·00	6·3	0·273	3·67
								3·80

L	Neus.								
	24″	α	30″	α	L	144″	α	150″	α
16	8·0	3·12	7·4	2·90	24	7·0	1·21	6·7	1·16
24	16·6	2·88	15·4	2·67	32	11·8	1·15	11·4	1·11
32	27·2	2·66	25·6	2·50	40	17·3	1·08	16·8	1·05
40	39·8	2·49	37·7	2·35					

$x = 29·2$ $y = 147·6$ für Zw. II.

Methode (1) gibt $a' = 0·340$, $a'' = 0·666$, Methode (2) $a'' = 0·638$, Methode (4) $a'' = 0·662$. Der Werth nach (2) ist wieder etwas zu klein, nach Methode (1) ist a'' fast genau, wesshalb

die Zahlen ϑ'' wohl etwas zu klein sind; daher auch die geringe Differenz in a'' nach Methode (4).

Um die Bedeutung der letzteren Methode noch genauer kennen zu lernen, namentlich wenn zwei ungleiche Thermometer angewendet werden, setzte ich Th. II in den Stamm, Th. V in Zw. II und die ihm entsprechenden Gestelle in den andern Zweig. Dies gab folgende Reihen mit Batterie $A + B$.

Stamm = Th. II + 14′ K; Zw. I = 2 Th. V + 4′ K;

Zw. I = 1 Th. V + 2′ K.

L	ϑ	ϑ	α M.	ϑ''	ϑ''	α'' M.
24	7·4	7·4	1·28	7·0	7·1	1·22
32	12·5	12·5	1·22	11·8	11·8	1·14
40	18·9	18·8	1·18	17·5	17·2	1·08
			1·227			1·147

	Th. II		Neus.			Th. V			
L	24″	α	30″	α	L	144″	α	150″	α
24	7·9	1·37	7·3	1·27	24	7·0	1·21	6·9	1·19
32	13·3	1·30	12·5	1·22	32	11·6	1·13	11·3	1·10
40	20·0	1·25	18·5	1·16	40	17·0	1·06	16·5	1·03
		1·307		1·217			1·133		1·107

$x = 29·3 \qquad y = 140·7 \qquad a'' = 0·675.$

Stamm = Th. II + 14′ K; Zw. I = 2 Th. V + 4′ N;

Zw. II. = 1 Th. V. + 2′ N.

L	ϑ	α	ϑ''	α''
24	6·3	1·094	6·2	1·077
32	10·8	1·076	10·2	0·996
40	16·0	1·000	14·8	0·925
		1·057		0·999

		Th. II		Neus.			Th. V		
L	42″	α	48″	α	L	168″	α	180″	α
24	6·4	1·111	6·1	1·059	24	6·3	1·094	6·0	1·042
32	10·9	1·086	10·5	1·025	32	10·5	1·025	10·0	0·977
40	16·2	1·012	15·6	0·975	40	15·4	1·962	14·7	0·919
		1·070		1·020			1·027		0·979

$x = 43{\cdot}4 \qquad y = 175{\cdot}0 \qquad a'' = 0{\cdot}670.$

Stamm = Th. II + 14′ K; Zw. I = 3 Th. V + 6′ K;
Zw. II = 1 Th. V + 2′ K.

L	ϑ	α	ϑ''	α''
24	7·3	1·268	8·6	1·493
32	12·2	1·184	14·0	1·368
40	17·8	1·112	20·2	1·262
		1·188		1·374

		Th. II		Neus.			Th. V		
L	30″	α	36″	α	L	108″	α	114″	α
24	7·4	1·285	6·8	1·181	24	8·7	1·528	8·4	1·458
32	12·5	1·221	11·7	1·144	32	14·2	1·387	13·7	1·338
40	18·5	1·156	17·5	1·094	40	21·0	1·312	20·2	11·262
		1·221		1·140			1·409		1·353

$x = 32{\cdot}4 \qquad y = 111{\cdot}7 \qquad a'' = 0{\cdot}741.$

Berücksichtigt man, dass die Zweige dem ihnen gegebenen Verhältniss nie ganz entsprechen, so sind die Werthe 0·675 und 0·670 für a'' statt 0·667 und 0·741 statt 0·750 so genau, als man sie bei elektrischen Versuchen nur erwarten kann.

Das Resultat der ganzen Untersuchung ist also folgendes: Wenn sich in beiden Zweigen Thermometer befinden, so kann man die Stromtheilung aus dem Verhältniss der Erwärmungen bei gleichen Ladungen ziemlich genau entnehmen, falls anders die Zahlen in dem einen Zweige nicht gar zu klein sind. Beobachtet man dagegen im Stamm und in einem Zweige, so verdient die Methode des Stammwiderstandes den Vorzug, und sie gestattet überdies den Gebrauch zweier verschiedenen, jedoch an Widerstand gleichen Thermometer.

In beiden Fällen hat man den Vortheil, dass man die Stärke der Ladung gar nicht zu kennen braucht, nur muss man im Stande sein, mittelst eines Funkenmessers dieselben Distanzen der Kugeln wiederholt einzustellen. Die Methode der gleichen Ladung gibt in der Regel etwas zu grosse, die Methode der gleichen Wärme zu kleine Werthe für den Zweigstrom; die erstere verlangt ausserdem einen gleichen Zustand des Thermometers, der nicht immer zu erhalten ist.

Da Methode (4) auf einen Widerstand in der Batterie oder im Schliessungsbogen nach Ausschluss der Dräthe führt, den ich schon früher angenommen, aber in der letzten Zeit wenigstens als einen beträchtlichern bezweifelt hatte; so stellte ich noch einige Versuchsreihen an, namentlich um zu sehen, wie weit er sich an Th. V bewähren würde, welches nach dem Obigen das Verhältniss der Zweigströme fast genau angibt. Der Widerstand des Schliessungsbogens Th. + 14' K. beträgt den Dräthen nach 42·8 + 5·4 = 48·2; Methode (4) verlangt 64·0, nimmt also innerhalb der Grenzen der gewöhnlichen Schlagweiten noch einen besonderen Widerstand = 15·8 an. Beobachtet man nun zuerst in diesem Schliessungsbogen, dann nach Einfügung von 192" Neus., so müssen sich die Erwärmungen ϑ_0 und ϑ, wenn der besondere Widerstand vorhanden ist, wie 4 : 1, dagegen, wenn der Widerstand nur 48·2 beträgt, nahe wie 5 : 1 verhalten. Die Beobachtungen mit Batterie $A + B$ gaben:

L	ϑ_0	ϑ	$\frac{\vartheta_0}{\vartheta}$
16	10·8	2·5	4·32
20	16·1	3·9	4·13
24	22·3	5·5	4·05
28	29·5	7·4	3·99
32	37·0	9·6	3·85
			4·07

Das Verhältniss $\frac{\vartheta_0}{\vartheta}$ stimmt mit dem bereits oben erhaltenen Verhältniss $\frac{\vartheta''}{\vartheta'}$ überein, wo die Längen der Zweige sich wie 1 : 2, also die Erwärmungen wie 1 : 4 verhielten.

Um dies noch evidenter zu machen, wurde der Schliessungsbogen aus Th. + 12' K. im Stamm und aus zwei gleichen Zweigen, jeder zu Th. + 4' K. gebildet; dazu wurden noch theils 90" Neus., theils 43" Neus. in den Stamm gefügt, und sowohl im Stamme (ϑ)

als in einem Zweige (ϑ') beobachtet. Hierauf wurden statt des Thermometers und des Neusilberdraths $3^1/_2$' K. in den Stamm eingesetzt und abermals im Zweige (ϑ'_0) beobachtet. In der ersten Reihe hatte der Schliessungsbogen einen Widerstand von 42·8 + 4·6 + 90·0 + 22·2 (d. Zweige) = 159·6 und wenn noch ein besonderer Widerstand 15·6 (ich hatte hier nach der früheren entsprechenden Reihe St = 63·8 gesetzt) vorhanden ist, = 175·2; in der zweiten Reihe beträgt der Widerstand des Schliessungsbogens entweder 42·8 + 4·6 + 43·0 + 22·2 = 112·6 oder 128·2. Nachdem der Neusilberdrath sammt Thermometer aus dem Stamme entfernt ist, beträgt mit Hinzunahme von $3^1/_2$' K. = 1·4 der Widerstand entweder 28·2 oder 43·8. Ist nun der besondere Widerstand vorhanden, so muss aus Reihe I $\frac{\vartheta'_0}{\vartheta'}$ = 4 und aus Reihe II = 2·93, fehlt er dagegen, so muss aus Reihe I $\frac{\vartheta'_0}{\vartheta'}$ = 5·66 und aus Reihe II = 4 folgen. Die Beobachtungen im Stamme wurden nur angestellt, um die frühere Reihe hiermit vergleichen zu können.

Reihe I

L	ϑ	ϑ'	$\frac{\vartheta_0'}{\vartheta'}$
24	8·9	2·3	4·17
28	11·6	3·1	4·10
32	14·6	3·9	4·08
36	18·0	4·8	3·98
40	21·3	5·9	3·88
			4·06

L	ϑ'_0
24	9·6
28	12·7
32	15·9
36	19·1
40	22·9

Reihe II

L	ϑ	ϑ'	$\frac{\vartheta'_0}{\vartheta'}$
24	11·7	3·1	3·10
28	15·3	4·1	3·10
32	19·5	5·2	3·06
36	23·8	6·5	2·94
40	28·2	7·8	2·93
			3·05

Diese Reihen stellen die Annahme eines besonderen Widerstandes ausser allen Zweifel. —

Nachtrag. Die Versuche pag. 67 habe ich später bei klarem Himmel und 8° C. wiederholt. Als Sp. II und dann Sp. II'(I × 1·5), verbunden durch 0'8 K. in Zw. II waren, ergab sich bei Lad. 32:

Zw. I	ϑ'		ϑ'' Sp. II		Äq.L.
36' K.	11·4	11·5	13·9	13·9	32·6
34	11·6	11·6	13·4	13·3	31·7
32	12·6	12·6	12·9	13·0	31·6
30	13·0	13·0	12·2	12·2	31·0
					31·7

Zw. I	ϑ'		ϑ'' Sp. II (× 1·5)		Äq.L.
24' K.	9·6	9·6	16·1	16·1	17·5
16	11·9	11·3	14·2	14·2	18·3
20	14·2	14·3	12·0	12·0	17·4
					17·7

Eine neue Wiederholung bei 6° C. mit Sp. II, ebenfalls durch 0'8 K. verbunden, gab:

Lad.	32' K.		Sp. II	
32	13·0	13·0	13·0	13·0
40	18·6	18·6	18·6	18·6

Obschon kleine Differenzen hervortreten, die freilich auch, wie oben die Zahlen bei Zw. I = 36' und = 34' zeigen, mit der ungleichen Führung und zumTheil mit der ungleichen Structur der Kupferdräthe zusammenhängen mögen, so gleicht sich doch die zu bedeutende Abweichung von dem frühern Resultate nicht aus. Es wurde hierauf Batt. $F_2 + F_3$ genommen, die damals gebraucht war, allein bei Lad. 32 gab der Versuch:

Zw. I = 32' K. 11·8 11·8; Zw. II = Sp. II 11·8 11·7.

Noch blieb übrig, dass ich früher die langen Dräthe zum Theil durch schon seit längerer Zeit ihrer äquivalenten Länge nach normirte Spiralen gebildet hatte, so in diesem Falle durch eine Spirale, die zu 24' angerechnet wurde. Mit Lad. 32 folgte:

Zw. I	ϑ'		ϑ'' Sp. II	
Sp. (24) + 8'	13·0	13·0	10·6	10·6
Sp. (24) + 12'	11·7	11·7	11·7	11·7

Hiermit hebt sich die Differenz auf. Wie Sp. II verbunden durch 4' kürzer ist als verbunden durch 0'8, so ist Sp. (24), für sich allein zu 24' normirt, hier in Verbindung mit längeren Dräthen nur = 20'.

Die Abhandlung B. 36, p. 427 leidet durch diese fehlerhafte Annahme in ihren Resultaten nicht, da bei der Feststellung der äquivalenten Längen durch die Nebenbatterie und durch die Stromtheilung stets dieselben Spiralen eingeschaltet waren; dagegen sprechen jetzt die oben pag. 60 mitgetheilten Reihen für die Giltigkeit und Anwendbarkeit der Methode (3).

II. SITZUNG VOM 10. JÄNNER 1861.

Herr Bergrath Fr. Ritter v. Hauer übergibt eine Mittheilung des Herrn Prof. Dr. Herm. Emmrich in Meiningen: „Ein Beitrag zur Kenntniss der südbayerischen Molasse".

Das c. M., Herr K. Fritsch, legt eine Abhandlung vor: „Resultate mehrjähriger Beobachtungen über die Belaubung und Entlaubung der Bäume und Sträucher im Wiener botanischen Garten".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie, Königl. Preuss., zu Berlin, Monatsbericht. August, September und October 1860. Berlin, 1860; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1289. Altona 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, I. Heft. Wien, 1861; gr. 8°.

Christiania, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1859 und 1860. Christiania und Throndhjem, 1859 und 1860; Folio, 4° und 8°.

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 1re Livraison. Paris, 1861; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, königl. dänische, Oversigt over det Kgl. danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger og dets Medlemmers Arbeider i Aaret 1859. Kjöbenhavn; 8°.

Lebert, Hermann, Klinik des acuten Gelenksrheumatismus. Erlangen, 1860; 8°.

Marburg, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1859 und 1860. Marburg und Hanau, 1859 und 1860; 4° und 8°.

Santini, Giovanni, Esperimento astronomico eseguito sul Picco di Teneriffa nel 1856 dietro sanzione dei Lord-Commissarj del

Ammiragliato di Londra dal Professore C. Piazzi-Smith, Padova, 1860; 8°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou, Bulletin. Année 1860. Nr. III. Avec 5 planches. Moscou, 1860; 8°.

Society, Royal Geographical, of London, Proceedings of the. — Vol. IV, Nr. 5. London, 1860; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1861; 4°.

Resultate mehrjähriger Beobachtungen über die Belaubung und Entlaubung der Bäume und Sträuche im Wiener botanischen Garten.

Von dem corr. Mitgl. Karl Fritsch.

(Mit einer graphischen Darstellung.)

Unter den Erscheinungen in der Pflanzenwelt, welche der periodische Verlauf der einzelnen Jahre nahezu in derselben Ordnung mit sich bringt, haben jene, welche sich auf die Belaubung und Entlaubung der Bäume und Sträuche beziehen, die denkende Beobachtung des Naturforschers und die sinnige Betrachtung eines jeden Naturfreundes in nicht minderem Grade auf sich gezogen, wie die ohne allen Vergleich anziehenderen und interessanteren Erscheinungen, welche sich auf die Blüthe der einzelnen Pflanzenarten beziehen.

Während die letzteren indess erst bei genauer und näherer Betrachtung auf unsere Sinne und durch dieselben auf unseren Geist und auf unser Gemüth läuternd und erhebend einwirken, also gleichsam für jeden Betrachter eine eigene und besondere Welt im Kleinen bilden; sind es die Erscheinungen der Belaubung, welche gleichsam die mit der Jahreszeit veränderliche Physiognomie der Landschaft, ja des ganzen scheinbaren Horizontes der Natur bestimmen. „Das Grünen" der Bäume und Sträuche aus der Ordnung der Laubhölzer, welche in unseren Wäldern und Gärten gesellig vereint sind, ist so gut ein wesentlicher Charakterzug des Frühjahres, wie das Spectrum der grünen, gelben und rothen Farben des Laubes ein Zeichen des Herbstes und die starren kahlen blattlosen Äste und Zweige der Laubhölzer des öden Winters.

Die praktische Richtung unseres Zeitalters gebietet, mit solchen Motiven mich nicht zu begnügen, wenn ich ein Recht zu haben glaube, die Drucklegung der vorliegenden Arbeit von Seite der kais. Akademie der Wissenschaften zu beanspruchen.

Einige Andeutungen werden genügen, um auch in dieser Beziehung mein Unternehmen zu rechtfertigen. Ich glaube hierzu um so mehr verpflichtet zu sein, als Beobachtungen über die Belaubung, welche auf eine wissenschaftliche Genauigkeit den Anspruch stellen können, bisher noch immer zu den Seltenheiten gehören und eben desshalb den Zweifel an ihre Ausführbarkeit oder Wichtigkeit rege lassen.

Die letztere leuchtet aber sogleich ein, wenn wir überlegen, dass die Bäume und Sträuche mit ihrem „appendiculären Laubsysteme“ als wohlthätige Regulatoren des Klima's anzusehen sind. Es ist daher von Wichtigkeit genau zu untersuchen, in welchen Perioden des Jahres an verschiedenen Orten auf die bemerkte Wirkung zu rechnen ist.

So wie der einzelne Baum in beschränkter Sphäre, wirkt der Laubholz-Wald im weiten Umkreise auf Abstumpfung der Temperatur-Extreme und auf die Erhaltung des erforderlichen Grades der Luftfeuchtigkeit, modificirt demnach den continentalen Charakter des Klima und verleiht demselben einen Anstrich des uns so zusagenden Seeklima's. Der Laubwald wirkt in weiterer Folge auf eine gleichmässigere Vertheilung der Niederschläge, wird hiedurch ein Regulator der Quellen und durch sie der Bäche und Flüsse.

Diese Wirkungsweise scheint mir so bedeutungsvoll, dass wohl Vieles, was ich noch in zweiter Linie anführen könnte, hier übergangen werden darf, und dies um so mehr, als die nun folgende Skizze der Literatur des Gegenstandes meine Arbeit mit positiven Gründen unterstützt.

Schon Linné empfahl die Zeit der Blätterung und Entblätterung der Pflanzen neben jener der Blüthe und Fruchtreife anzumerken [1]. In Folge dieser Anregung wurden die ersten Beobachtungen dieser Art im Jahre 1750 angestellt. Andere Forscher folgten mit ähnlichen Versuchen in verschiedenen Ländern von Europa und Amerika. Näher berührt uns erst der Impuls, welcher im Jahre

[1]) *Vernatio arborum.* Vol. III. p. 375.

1827 bei der Naturforscher-Versammlung in München von Martius ausging.

Die Landwirthschafts-Gesellschaft in Prag scheint hiedurch veranlasst worden zu sein, durch ihre Mitglieder in Böhmen die ersten Beobachtungen anstellen zu lassen, welche im Jahre 1828 beginnen und sich auf „die Entwickelung der Knospen zum Blatt" eben so gut beziehen wie auf die Blüthe und Fruchtreife der Pflanzen [1]). Dieselben wurden durch eine Reihe von mehr als 20 Jahren fortgesetzt.

In der Instruction, welche im Jahre 1842 von Herrn Director Quetelet in Brüssel ausging und in neuerer Zeit das Interesse an solchen Beobachtungen und Untersuchungen in die weitesten Kreise verbreitete, waren es ebenfalls die bemerkten vier Stadien des Pflanzenlebens, welche den wichtigsten Gegenstand derselben bilden sollten. Die Belaubung und Entlaubung der Holzpflanzen wurden der Berücksichtigung in gleichem Grade wie die Blüthe und Fruchtreife der Pflanzen überhaupt empfohlen. Die hierauf bezüglichen Beobachtungen werden noch gegenwärtig von Jahr zu Jahr durch die k. belgische Akademie der Wissenschaften veröffentlicht [2]).

Herr Spring in Brüssel, der zu der eben erwähnten Instruction einen Commentar schrieb, ist weiter gegangen, indem er in die Stadien der Belaubung und Entlaubung nicht nur Phasen wie z. B. Anfang und Ende derselben einführte, sondern auch noch auf einige secundäre Erscheinungen, wie das Schwellen der Knospen im Frühjahre, ihre Grösse zu Ende October, die zweite Blätterung oder den Schuss und die Laubverfärbung im Herbste Rücksicht nahm.

Sein System ist auch von den Herren Prof. Göppert und Cohn in Breslau im Namen der dortigen Gesellschaft für vaterländische Cultur, für Preussisch-Schlesien und einige angrenzende Länder adoptirt worden [3]), so wie von dem grossherzoglich Mecklenburgschen statistischen Bureau in Schwerin. Beide Institute veröffentlichten eine Reihe von Jahren hindurch die betreffenden Beobachtungen von vielen Stationen.

---

[1]) Neue Schriften der k. k. patriotisch-ökonomischen Gesellschaft im Königreiche Böhmen. I. Bd., I. Hft., S. 215. Prag, 1830.

[2]) *Mémoires de l'académie royale de Bruxelles.*

[3]) Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur in Breslau für 1851 und 1852.

Noch mehr in's Detail ging der berühmte, der Wissenschaft leider durch den Tod entrissene Pflanzen-Geograph, Prof. Dr. Otto Sendtner in München. Von den 6 Stadien, welche er in seiner 1851 bekannt gewordenen Anleitung [1]) aufstellt, sind nicht weniger als vier den Erscheinungen gewidmet, welche sich auf das Laubsystem beziehen. Ich beschränke mich dies zu bemerken, weil nach seinem Entwurfe meines Wissens leider keine Beobachtungen angestellt worden sind und ich noch Gelegenheit finden werde, auf denselben zurückzukommen. Ich selbst habe seit dem Jahre 1840 bereits über die Belaubung und Entlaubung der Bäume und Sträuche in der Umgebung von Prag Beobachtungen angestellt, in der grossen Ausdehnung und in Übereinstimmung mit den Ideen, welche später eine Reihe von Jahren hindurch von anderen Forschern insbesondere Sendtner in München in den eben angeführten Instructionen mit grösserer Präcision entwickelt worden sind. Die Resultate eines mehr als zehnjährigen Cyklus solcher Aufzeichnungen habe ich in meinem Kalender der Flora des Horizontes von Prag niedergelegt [2]), und zwar für 3 Phasen jedes der beiden Stadien, nämlich: Anfang, Mitte und Ende der Belaubung und Entlaubung.

Da die Aufzeichnungen nicht in einem bestimmten, beschränkten Theile der Umgebung von Prag und in kurzen Fristen gesammelt worden sind, sondern das Terrain der Beobachtungen fort wechselte und die Excursionen meistens nur zufällige waren: so sind die gewonnenen Daten noch mit einem ziemlich grossen wahrscheinlichen Fehler behaftet und eignen sich nur im geringen Grade zur Ermittelung der klimatischen Constanten für die beobachteten Pflanzen.

Um den ausgesprochenen Bedingungen zu genügen, stellte ich vom Jahre 1851 angefangen die Beobachtungen im botanischen Garten zu Prag an und als ich im Herbste desselben Jahres nach Wien übersiedelte, nahm ich dieselben auch hier wieder im botanischen Garten auf und begann damit im ersten Frühjahre 1852.

In beiden Jahren wurden die meisten der von anderen Forschern und mir selbst eingeführten Phasen der Belaubung und Entlaubung berücksichtiget, um darüber urtheilen zu können, welche derselben

---

[1]) „Bemerkungen über die Methode, die periodischen Erscheinungen an den Pflanzen zu beobachten". München. Gelehrte Anzeigen. 1851.

[2]) Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Anhang zum Jännerhefte 1852.

einer präcisen Zeitbestimmung fähig sind, wobei mir die Bemerkungen des Dr. Sendtner „über die Methode, die periodischen Erscheinungen an den Pflanzen zu beobachten“ trefflich zu Statten kamen. Ausführliches hierüber, insbesondere über die Ergebnisse der im Jahre 1852 im Wiener botanischen Garten angestellten Beobachtungen findet man in meiner Abhandlung: „Über das Gesetz des Einflusses der Lufttemperatur auf die Zeiten bestimmter Entwickelungsphasen der Pflanzen“ [1]).

Ich habe dort die Gründe entwickelt, welche mich bestimmten von beiden Stadien den „Anfang der Laub-Entwickelung und das Ende der Entlaubung“ allein, bei den Beobachtungen in den folgenden Jahren beizubehalten. Erstere Phase lässt sich allgemein durch „das erste Sichtbarwerden der Laubblatt-Oberfläche“ bezeichnen. Auf meinen Vorschlag ist diese Phase auch von der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien im Jahre 1856 angenommen worden [2]). In der Instruction, welche ich schon früher, nämlich im Jahre 1853 mit Genehmigung des Herrn Directors Kreil und im Namen der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus zur Regelung ähnlicher Beobachtungen innerhalb der Grenzen des österreichischen Kaiserstaates entworfen hatte, wurden ebenfalls die genannten beiden Phasen der Belaubung und Entlaubung eingeführt [3]). Auch in der erweiterten Instruction vom Jahre 1856 wurden dieselben beibehalten [4]), so wie bei der neuen Auflage derselben im Jahre 1859 [5]). Dieselbe Instruction wurde interimistisch auch von der dritten Versammlung des internationalen statistischen Congresses, welcher im Jahre 1857 in Wien tagte, acceptirt [6]) und von Herrn Quetelet in Brüssel bei dem im Jahre 1860 zu London abgehaltenen statistischen Congresse zur Annahme für alle Länder empfohlen [7]).

---

[1]) Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften. XV. Band. Wien 1858.

[2]) Tageblatt S. 133 der Naturforscher-Versammlung in Wien 1856.

[3]) Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Band. II. Anhang. Wien 1854.

[4]) Ebendort. Band. V. Wien 1858.

[5]) Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. XXXVII. Bd. 1859.

[6]) Rechenschaftsbericht über die 3. Versammlung des international-statistischen Congresses zu Wien 1857.

[7]) Sur le congrès international de Statistique, tenu à Londres, le 16 juillet 1860, et le cinq jours suivants.

So wünschenswerth die allgemeine Einführung einer Instruction auch immer erscheinen mag, wenn es sich um die Vergleichbarkeit der an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen handelt, so bleibt eine allgemein giltige Norm, wenn es sich um ihre Anwendung handelt, in der Regel immer nicht viel mehr als ein frommer Wunsch. Die wenigsten Theilnehmer an den Beobachtungen halten es für nöthig, die gewünschte Präcision bei der Ausführung einzuhalten. Die Regeln werden bei den complicirten Erscheinungen, welche die Pflanzen-Entwickelung mit sich bringt, nur selten in demselben Sinne aufgefasst. Rechnet man hiezu, dass gerade die eifrigsten Beobachter den Anspruch auf einige Originalität erheben, so erscheint obige Behauptung gewiss begründet. Gilt dies schon von den Beobachtungen, welche durch eine und dieselbe Instruction angeregt worden sind und von einem gewissen Centrum aus geleitet werden, so kann man bei den Beobachtungen verschiedener Länder noch weniger auf Übereinstimmung rechnen.

Jede Instruction macht ihre eigenen Proseliten, jede derselben ist der Impuls zu besonderen Beobachtungsreihen, wenn die Ideen nicht von einem Manne mit eminenter Autorität in seinem Fache ausgehen, wie etwa Gauss in Bezug auf den Erdmagnetismus und selbst ein solcher behauptet sich bei dem unaufhaltsamen Fortschreiten menschlichen Wissens nur einige Zeit. Die Instruction zu den Beobachtungen über periodische Erscheinungen im Pflanzenreiche, welche im Jahre 1842 von Quetelet ausging, ist wohl in den weitesten Kreisen bekannt geworden. Ausser Belgien und Holland kamen jedoch die Beobachtungen nach seinem Systeme nur an wenigen Stationen in Europa zur wirklichen Ausführung. Die Zusätze von Spring trugen zu einer intensiven Ausbreitung der Beobachtungen mehr bei.

Ich darf mir wohl das Verdienst nicht absprechen, durch meine Abhandlung: „Über die periodischen Erscheinungen im Pflanzenreiche“ [1]), welche eine Exposition beider Instructionen enthielt und durch meine „Anleitung zur Ausführung von Beobachtungen u. s. w.“ [2]) zu einer intensiven Ausbreitung der Theilnahme an den Beobachtungen in den deutschen Ländern in Europa mitgewirkt zu haben.

---

[1]) Abhandlungen der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. V. Folge. IV. Band. Prag, 1845.

[2]) Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Maiheft 1850.

Ich führe dies an, um die Nothwendigkeit darzustellen, die hier folgenden Resultate der nach einem anderen Systeme ausgeführten Beobachtungen vergleichbar zu machen.

Die Phase „Ende des Laubfalles" ist unmittelbar vergleichbar, wenn die Beobachtungen an bestimmten und alljährig an denselben Pflanzen-Individuen angestellt werden, wie es in der Regel bei den Aufzeichnungen in botanischen Gärten der Fall ist. Bei den Beobachtungen im Freien hat man es aber gewöhnlich mit mehr oder weniger zahlreichen Gruppen von Individuen zu thun. In solchen Fällen habe ich den Theilnehmern an den Beobachtungen in Österreich empfohlen, die Aufzeichnungen stets jenem Individuum zu entnehmen, dessen Entlaubung am frühesten vollendet ist. Hiedurch glaubte ich in den meisten Fällen die Vergleichbarkeit der Beobachtungen erzielt zu haben [1]).

Anders verhält es sich mit der Belaubung. Hier kommen mehrere Phasen in Betracht, welche wenig verschieden sind, mag man die charakteristischen Erscheinungen für jede derselben oder die Zeit des Eintrittes berücksichtigen. So geringfügig die Unterschiede in letzterer Hinsicht sind, wenn die Entwickelung rasch erfolgt, so erheblich werden dieselben dann, wenn sie langsam von Statten geht, wie es bei den in eine frühe Epoche des Jahres fallenden Erscheinungen gewöhnlich geschieht, besonders wenn in Folge der Rückkehr von Kälte eine Unterbrechung des Ganges der Entwickelung stattfindet.

Die Phasen, welche hier vorzugsweise in Betracht kommen, sind: „das Schwellen der Knospen", „das Aufbrechen der Knospen" und „die Entwickelung der ersten Blätter". Die Phase, welche ich bei meinen Beobachtungen im botanischen Garten berücksichtiget habe, hält in Beziehung auf die Zeitfolge im Allgemeinen die Mitte zwischen der 2. und 3. der oben genannten. Zunächst liefern schon meine eigenen Beobachtungen Daten zur Vergleichung, da ich bei mehreren Arten eine Reihe von Jahren hindurch die angeführten vier Phasen der Belaubung der Beobachtung unterzog. Es sind jene Arten, welche die schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur in Breslau in ihrem Schema vom Jahre 1854 aufstellte. Die Beobachtungen

---

[1]) Phänologische Übersichten. October 1857 in den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften.

reichen bis einschliesslich 1859, sind aber ziemlich lückenhaft. In folgender Tabelle sind jene Ergebnisse derselben zusammengestellt, welche einiges Vertrauen verdienen. Die Zahlen in derselben bedeuten die Anzahl der Tage, um welche das „Aufbrechen der Knospen" (Phase 2 der Breslauer Instruction) früher (—) und die „Entfaltung der ersten Blätter" (Phase 3 der Breslauer Instruction) später (+) erfolgte, als die Belaubung in dem Sinne eintrat, in welchem ich sie bei meinen Beobachtungen auffasste, identisch mit jenem, in welchem sie von den Theilnehmern an den Beobachtungen der k. k. Central-Anstalt und später nach der Vereinbarung bei der Naturforscher-Versammlung 1856 aufzufassen war.

Mittlere Unterschiede der Laubphasen in Tagen.

Pflanze	Phase		Pflanze	Phase	
	2	3		2	3
Acer Pseudoplatanus	—7	+4	*Prunus avium*	—4	+7
Aesculus Hippocastanum	—3	+3	„ *Padus*	—20	+7
Alnus glutinosa	—7	+11	„ *spinosa*	—8	+8
Berberis vulgaris	—16	+9	*Ribes Grossularia*	—4	+17
Betula alba	—3	+8	*Robinia Pseudacacia*	—11	+16
Cornus mascula	—15	+24	*Rosa centifolia*	—10	+10
Corylus Avellana	—6	+9	*Sambucus racemosa*	—	+7
Cytisus Laburnum	—10	+13	*Syringa vulgaris*	—13	+13
Daphne Mezereum	—	+10	*Tilia grandifolia*	—8	+8
Fraxinus excelsior	—8	+7	„ *parvifolia*	—2	+6
Juglans regia	—4	+23	*Ulmus campestris*	—2	+9
Philadelphus coronarius	—21	+15	*Vitis vinifera*	—6	+14

Im Allgemeinen fällt also meine Laubphase so ziemlich in die Mitte der Phasen 2 und 3 der Breslauer Instruction, nähert sich aber je nach der Pflanzenart bald der einen bald der anderen der beiden Phasen. Ich glaube nicht, dass mehrjährige Beobachtungen diese Ergebnisse wesentlich ändern würden. Wollte man dieselben zur Reducirung der nach verschiedenen Schemen angestellten Beobachtungen verwenden, so müssten die vergleichenden Beobachtungen noch über viele andere Species ausgedehnt werden und für einige in obiger Zusammenstellung enthaltene Arten noch einige Jahre hindurch fortgesetzt werden, um genauere Mittelwerthe zu erhalten, da dieselben für einige Pflanzenarten nur zweijährigen Beobachtungen entnommen werden konnten.

Sollte sich das Bedürfniss einer solchen Reduction bei den Beobachtungen herausstellen, welche nach den Instructionen der k. k. Central-Anstalt an nicht wenigen Stationen in Österreich angestellt worden sind, so würden die Beobachtungen vortreffliche Dienste leisten können, welche der Herr k. k. Bergrath Fr. Schwarz in Schemnitz mehrere Jahre hindurch in dem dortigen botanischen Garten anstellte und im Manuscript an die k. k. Central-Anstalt einsandte.

Ich besorge aber, dass die Beobachtungen über die Belaubung nur an wenigen anderen Stationen, wie es z. B. von Herrn Prof. Rettig in Kremsier, Herrn Brorsen in Senftenberg u. A. mit besonderer Anerkennung hervorzuheben ist, im Sinne der Instruction der k. k. Central-Anstalt aufgefasst worden sind.

Andere Beobachter, deren Aufzeichnungen vollkommen brauchbar wären, wie jene des Herrn Professors Tomaschek in Lemberg, haben dieselben noch nicht lange genug fortgesetzt. An den meisten Stationen absorbirte das vorwaltende Interesse an der Blüthe der Pflanzen ihre ganze Aufmerksamkeit. Es ist dies mit ein Grund, der mich bestimmt, die Beobachtungen über dieses Stadium der Pflanzen-Entwickelung mit meiner gegenwärtigen Arbeit zum Abschluss zu bringen, abgesehen davon, dass die bereits gewonnenen Resultate meiner eigenen Beobachtungen die längere Fortsetzung derselben nach demselben Plane entbehrlich machen dürften.

Beobachtungen über Belaubung.

Die Phase der Belaubung, auf welche sich meine Untersuchungen beziehen, lässt sich mit wenigen Worten ganz bestimmt definiren. Es ist das erste Sichtbarwerden der oberen Laubblattfläche, wohl zu unterscheiden von dem ersten Sichtbarwerden der Laubblatt-Oberfläche, insoferne sich dieses bei vollkommener Ausbildung des Blattes sowohl auf die obere, dem Himmel zugewandte als die untere, der Erde zugekehrte Fläche beziehen kann. Bei einigen Gattungen und Arten der Holzpflanzen ist nämlich das Laubblatt schon grösstentheils entwickelt, bevor die obere Fläche sichtbar wird. Als Beispiel mögen die Gattungen *Prunus*, *Liriodendron*, *Cercis* und andere dienen,

bei welchen die symmetrischen Blatthälften mit der oberen Fläche noch an einander liegen, also diese selbst noch nicht sichtbar werden lassen, während die beiden Hälften der Unterfläche mit dem Blattstiel es schon lange sind. In diesem Falle ist die Belaubung mit dem Beginnen des Klaffens der Blatthälften angenommen worden.

Ähnlich verhält es sich bei den gefiederten Blättern von *Robinia*, *Gleditschia*, *Fraxinus* u. s. w., jedoch vertreten hier die ganzen Blättchen die Stelle der Blatthälften.

Bei einigen Gattungen, wie z. B. *Fagus*, *Corylus*, *Tilia* u. a. werden beide Blattflächen zugleich mit dem ersten Hervorbrechen aus der Knospenhülle sichtbar. Derselbe Fall findet bei den Pinus-Arten Statt, nur erreicht hier der Jahrestrieb eine bedeutende Länge, bevor die grünen Nadeln aus der Schuppenhülle hervorbrechen und zugleich beide Flächen zeigen. Bei *Pinus Picea*, noch mehr aber bei *Pinus Larynx* ist diese Axenstreckung auf ein Minimum reducirt, und wird die obere Nadelfläche wie bei *Fagus*, *Corylus* u. s. w. schon mit dem „Aufbrechen der Knospen" sichtbar.

Sind die Laubblätter in der Gestalt und Structur von den Deckschuppen der Knospe nicht verschieden, wie bei *Ligustrum vulgare*, *Evonymns europaeus*, *Syringa persica*, *Lonicera tatarica* u. a., dann fällt die Phase der Belaubung mit dem Öffnen der Knospe zusammen, indem dieses die Laubblatt-Oberfläche sichtbar macht.

Schwieriger ist die Bestimmung des Eintrittes der Belaubung bei jenen Arten, an welchen die Schuppen der Hülle allmählich in die Laubblätter übergehen, indem die inneren Hüllschuppen einen solchen Übergang vermitteln, wie bei *Ribes aureum*, den Clematis-Arten u. a.

Die betrachteten Fälle dürften genügen, die Phase der Belaubung zu bezeichnen, welche ich meine. Ich habe nur noch beizufügen, dass das Datum dann notirt worden ist, wenn der geringste wahrnehmbare Theil der oberen Fläche für das freie Auge sichtbar geworden ist.

Ich fürchte nicht den Vorwurf einer skrupulösen Auffassung der Erscheinung. Einer so genauen Beobachtung und allgemeinen Anwendung ist keine andere Laubphase fähig, wenn ich gleich nicht verkenne, dass bei so minutiösen Erscheinungen der Zufall zuweilen eine grosse Rolle spielen kann, besonders bei den im ersten Frühjahre zur Entwickelung gelangenden Pflanzen, indem hier eine kurze Periode mit ungewöhnlich hoher Temperatur das Datum um Wochen

und selbst Monate beschleunigen kann. So waren bei *Lonicera tatarica* die Tage der Belaubung:

1852, Februar 9,
1853, December 16 (1852),
1854, März 10,
1855, December 27 (1854) u. s. w.

Man wird sich vergebens abmühen, aus solchen Daten ein genaues Normalmittel abzuleiten, wenn man die Beobachtungen nicht fast ohne Ende fortzusetzen sich entschliesst. Es sind aber zum Glück nur wenige Pflanzen, deren Entwickelung in eine so frühe Periode fällt und man erhält also mit geringen Ausnahmen Daten, welche eine genaue Vergleichung zulassen.

In folgender Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt. Sie enthält die Pflanzen in 2 Abtheilungen, je nachdem dieselben der österreichischen Flora angehören oder nicht. In der ersten Spalte ist der systematische Name der Pflanze ersichtlich; die zweite enthält den mittleren Tag der Belaubung; die dritte den wahrscheinlichen Fehler dieses Datums; die vierte und fünfte begreifen das früheste und späteste Datum, welches in einzelnen Jahren vorgekommen ist; die sechste die Anzahl der letzteren; die siebente macht ersichtlich die mittlere Summe der mittleren täglichen Temperaturen in Graden der 80theiligen Scale über dem Gefrierpunkt, continuirlich gezählt vom 1. Jänner bis zum Tage der Belaubung; die achte endlich den wahrscheinlichen Fehler dieser Wärmesumme oder Temperatur-Constante.

Der wahrscheinliche Fehler ist nach der bekannten Formel $0{\cdot}6745 \frac{\Sigma \varepsilon^2}{n(n-1)}$ gerechnet, wo ε die Abweichung vom Normalmittel in den einzelnen Jahren, Σ die Summe dieser Abweichungen, n die Zahl der Beobachtungen, hier identisch mit der Anzahl der Jahre bedeutet [1]).

[1]) Repertorium für Meteorologie von L. F. Kämtz. I. Band. S. 108.

Tafel I. Ergebnisse neunjähriger Beobachtungen über Belaubung, angestellt im botanischen Garten zu Wien.

1. Pflanzen der österreichischen Flora.

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
			Datum				
Acer campestre L. *var. tauricum*	25—4	±1	5—5	16—4	9	335°4	±10°0
„ *monspessulanum* L.	19—4	2	2—5	9—4	8	301·3	9·1
„ *opulifolium* Vill.	9—4	2	18—4	23—3	7	234·2	12·8
„ *platanoides* L.	21—4	2	3—5	7—4	7	299·4	9·2
„ *Pseudo-platanus* L. *var. variegatus*	24—4	1	10—5	18—4	9	350·6	10·8
„ *tataricum.* L.	11—4	2	23—4	28—3	9	230·6	7·5
Aesculus Hippocastanum L.	11—4	2	25—4	30—3	8	235·1	6·9
Alnus glutinosa L. *var. pinnatifida.*	9—4	2	16—4	3—4	8	220·8	14·0
Ampelopsis hederacea Mich.	21—4	2	11—5	8—4	9	295·7	9·8
Amygdalus communis L. *var. variegata*	5—4	3	18—4	16—3	7	208·1	5·3
„ *nana* L.	9—4	2	20—4	27—3	7	214·4	10·3
Atragene alpina L.	9—4	2	24—4	19—3	9	224·7	4·0
Betula alba L. *var. dalecarlica*	7—4	2	16—4	19—3	9	213·9	9·0
Buxus sempervirens L.	17—4	1	27—4	8—4	9	279·7	7·3
Carpinus Betulus L.	9—4	2	20—4	22—3	9	228·3	7·1
„ *duinensis* Scop.	28—4	1	5—5	21—4	8	344·4	5·9
Celtis australis L.	26—4	2	10—5	9—4	9	348·9	11·9
Cercis Siliquastrum L.	3—5	1	10—5	22—4	9	407·0	12·6
Clematis Flammula L.	3—4	3	12—4	15—3	6	211·0	9·4
„ *Vitalba* L. *var. banatica*	6—4	2	17—4	16—3	9	205·2	5·9
Colutea arborescens L.	6—4	2	16—4	16—3	7	219·4	14·7
Cornus mas L.	13—4	3	29—4	28—3	8	249·0	6·3
„ *sanguinea* L.	2—4	3	14—4	12—3	8	177·5	9·2
Corylus Avellana L. *var. globosa*	6—4	2	19—4	19—3	9	200·2	5·5
„ *Colurna* Willd.	13—4	1	25—4	31—3	9	248·9	6·6
Cotoneaster vulgaris L. *var. laxiflora*	3—4	1	9—4	15—3	8	184·2	6·1
Crataegus monogyna Jacq.	9—4	2	19—4	20—3	8	216·1	6·8
„ *Oxyacantha* L. *var. rubra plena*	8—4	2	20—4	17—3	9	212·4	5·3
Cydonia vulgaris Pers.	11—4	3	25—4	21—3	8	235·9	6·1
Cytisus alpinus Miller *var. macrostachys*	24—4	3	3—5	10—4	6	332·6	12·1
„ *elongatus* W. *et* K.	6—4	2	20—4	16—3	9	200·6	5·7
„ *Laburnum* L.	8—4	2	21—4	19—3	9	216·6	6·9
„ *nigricans* L.	16—4	1	24—4	11—4	5	260·9	10·1
„ *prostratus* Scop.	5—4	1	13—4	23—3	8	210·4	9·9

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
			Datum				
Daphne alpina L.	16—4	± 3	2—5	28—3	7	271°9	± 3°9
" *Laureola* L.	14—3	3	8—4	29—2	3	154·2	19·4
" *Mezereum* L.	17—3	1	7—4	29—2	8	122·3	6·5
Diospyros Lotus L. ♂	24—4	8	30—4	13—4	6	362·3	9·9
Elaeagnus hortensis Willd. *var. angustifolia*	16—4	2	2—5	30—3	9	271·0	6·7
Evonymus europaeus L.	22—3	3	14—4	11—3	9	129·5	8·0
" *latifolius* L.	12—4	2	29—4	23—3	9	240·5	6·6
" *verrucosus* L.	9—4	0	9—4	9—4	2	200·7	15·8
Fagus sylvatica L.	21—4	1	5—5	12—4	9	303·6	13·1
" " *var. pendula*	30—4	1	2—5	27—4	5	411·6	27·2
Ficus Carica L. *var. budensis*	28—4	2	15—5	19—4	8	366·6	21·2
Fraxinus excelsior L. *var. aurea*	23—4	1	2—5	10—4	8	313·1	7·7
" *excelsior* L.	1—5	1	10—5	23—4	9	388·3	12·0
" " L. *var. pendula*	7—5	1	12—5	1—5	8	445·2	18·2
" *Ornus* L.	28—4	1	4—5	20—4	9	367·0	14·6
Hippophaë rhamnoides L.	11—4	1	22—4	28—3	9	235·7	5·4
Ilex Aquifolium L.	14—4	3	25—4	29—3	5	250·4	36·3
Juglans regia L. *var. maxima*	19—4	2	2—5	2—4	9	287·5	6·5
Ligustrum vulgare L.	24—3	2	6—4	6—3	8	128·2	9·1
Lonicera Caprifolium L.	21—3	4	6—4	7—3	4	131·7	4·8
" *Periclymenum* L. *var. comosa*	22—1	12	14—3	6—12	8	39·1	13·5
" *Xylosteum* L.	5—4	2	19—4	14—3	9	191·5	8·0
Mespilus germanica L. *var. diffusa*	12—4	2	29—4	27—3	7	250·5	4·2
Morus alba L. ♀ *var. Morettiana*	28—4	1	10—5	21—4	9	366·3	9·7
Morus alba L. *var. fructu nigra*	5—5	1	11—5	26—4	9	429·5	13·3
Ostrya vulgaris L.	15—4	2	27—4	7—4	8	243·0	6·9
Paliurus aculeatus Lam.	19—4	1	24—4	10—4	5	322·9	13·8
Periploca graeca L.	30—4	2	12—5	21—4	7	402·2	12·5
Persica vulgaris Miller	15—4	3	27—4	6—4	4	243·0	7·4
Philadelphus coronarius	26—3	3	8—4	9—3	8	141·7	3·5
Pinus Cembra L.	4—5	2	17—5	21—4	9	414·5	9·2
" *Laricio* Poir. *var. gibbosa*	16—5	1	26—5	7—5	9	548·0	12·3
" *Larynx* L.	28—3	3	9—4	9—3	9	154·9	6·1
Pinus Mughus Scop.	23—5	1	29—5	16—5	9	634·8	14·1
" *Picea* L.	24—4	2	9—5	18—4	6	317·4	7·7
" *silvestris* L.	14—5	1	23—5	5—5	9	523·1	11·5
" *uncinata* Ramond	23—5	1	29—5	14—5	9	637·2	18·2
Populus alba L. ♀ *var. anglica*	15—4	2	2—5	4—4	9	266·2	7·5
" *canescens* Smith. ♂ *var. belgica*	16—4	2	2—5	30—3	9	265·0	7·7

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
			Datum				
Populus nigra L. ♀ . . .	14—4	±2	28—4	28— 3	9	254°1	± 8°6
„ *pyramidalis* Rozier.	15—4	2	1—5	31— 3	9	260·4	6·4
„ *tremula* L.	3—5	5	12—5	25— 4	2	373·2	17·1
Prunus avium L.	11—4	1	24—4	5— 4	8	219·7	7·8
„ *cerasifera* Ehrh. . .	30—3	2	10—4	12— 3	7	164·5	9·2
„ *Cerasus* L.	10—4	2	28—4	23— 3	9	222·6	7·8
„ *domestica* L. *var. Claudiana semiplena*	14—4	1	29—4	30— 3	9	257·2	5·7
„ *insititia* L.	13—4	3	24—4	6— 4	4	226·0	5·8
„ *Mahaleb* L.	13—4	1	24—4	29— 3	9	250·3	7·5
„ *Padus* L.	1—4	2	13—4	16— 3	9	176·9	8·5
„ *sibirica* L.	15—4	3	29—4	27— 3	7	252·3	6·0
„ *spinosa* L.	20—4	2	4—5	8— 4	8	298·2	12·7
Pyrus communis L. *var. sanguinea*	13—4	1	22—4	28— 3	9	250·6	6·1
„ *communis* L. *var. nivalis*	17—4	2	24—4	29— 3	7	295·0	9·4
„ *Malus* L. *var. acerba*	30—4	2	6—5	18— 4	5	371·6	19·4
„ *Sorbus* Gärtn. *var. pyriformis*	17—4	2	28—4	30— 3	9	283·0	8·0
Quercus Cerris L. . . .	25—4	1	3—5	17— 4	9	335·8	7·4
„ *pedunculata* Ehrh. .	24—4	1	3—5	17— 4	9	330·6	10·9
Rhamnus cathartica L. .	21—4	2	4—5	14— 4	6	295·2	7·4
„ *Frangula* L.	17—4	2	4—5	11— 4	6	281·0	7·1
Rhus Cotinus L.	6—4	3	22—4	16— 3	8	193·9	6·1
Ribes alpinum L.	18—3	3	4—4	29— 2	8	110·2	6·2
„ *Grossularia* L. . .	8—3	4	4—4	12— 2	9	81·7	6·7
„ *nigrum* L.	2—4	3	4—4	18— 3	5	183·2	3·3
„ *rubrum* L	2—4	2	4—4	18— 3	5	170·4	6·0
Rosa alba L. *var. fungosa*	5—4	2	16—4	15— 3	8	201·6	4·0
Rosa alpina L.	3—4	2	17 4	16— 3	9	184·9	7·1
„ *canina* L.	2—4	1	7—4	15— 3	8	181·8	8·0
Rosa gallica L. *var. officinalis*	10—4	2	25—4	24— 3	8	229·4	7·8
Rubus fruticosus L. *var. rubroplenus*	9—4	2	18—4	27— 3	6	284·0	20·8
Rubus Idaeus L.	29—3	2	7—4	13— 3	9	164·8	4·0
Salix daphnoides Vill. . .	2—4	3	17—4	24— 3	5	160.9	8·2
„ *fragilis* L.	15—4	3	25—4	8— 4	3	232·3	3·5
„ *purpurea* L. . . .	11—4	3	25—4	5— 4	4	210·8	11·8
„ *repens* L.	12—4	3	25—4	4— 4	4	220·4	7·2
Sambucus nigra L. . . .	17—1	8	14—2	17—12	5	33·3	14·2
„ *racemosa* L. . . .	21—3	1	26—3	15— 3	5	133 8	6·2
Sorbus Aria Crantz . . .	16—4	2	30—4	28— 3	9	266·9	8·8
„ *Chamaemespilus* Cr.	7—4	3	18—4	20— 3	5	253·9	14·5
„ *domestica* L. *var. lanuginosa*	5—4	0	6—4	3— 4	5	182·1	8·2
„ *torminalis* Crantz .	18—4	0	20—4	17— 4	4	302·3	12·5
Spartium junceum L. . .	30—4	1	5—5	24— 4	6	356·5	14·1
Spiraea chamaedryfolia L. *var. oblongifolia* . .	28—3	2	9—4	14— 3	9	158·5	4·1

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
			Datum				
Spiraea crenata Wimm.	5—4	± 3	17—4	16—3	7	204°6	7°0
„ *ulmifolia* Scop.	27—3	3	9—4	9—3	7	149·3	6·8
Staphylea pinnata L.	9—4	3	21—4	22—3	6	237·9	10·1
Syringa Josikaea Jacq.	5—4	2	11—4	19—3	7	209·0	12·8
„ *vulgaris* L.	27—3	2	6—4	10—3	9	146·8	5·7
Taxus baccata L. ♂	20—4	2	6—5	7—4	9	296·0	15·2
Tilia argentea Desf. *var. fructu depressa*	15—4	2	26—4	30—3	7	286·7	5·7
Tilia grandifolia Ehrh. *var. latebracteata*	13—4	2	27—4	28—3	9	250·0	4·7
Tilia parvifolia Ehrh. *var. ovatifolia variegata*	21—4	2	5—5	8—4	9	307·0	8·6
Ulex europaeus L.	14—5	5	25—5	20—4	4	507·6	46·6
Ulmus campestris L. *var. montana tortuosa*	14—4	2	1—5	28—3	8	266·6	6·7
Ulmus effusa Willd.	15—4	2	1—5	4—4	7	277·3	7·1
Viburnum lantanoides Mx.	27—3	3	9—4	9—3	8	148·1	4·0
„ *Opulus* L.	30—3	2	6—4	20—3	6	162·9	8·3
Vitis vinifera L. *var. Alexandrina*	23—4	1	2—5	11—4	8	330·9	11·1

2. Andere Pflanzen.

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
Acer dasicarpum Ehrh.	13—4	± 2	20—4	30—3	6	269°6	±10°5
„ *Negundo* L.	12—4	2	27—4	23—3	9	240·4	5·8
„ *pensylvanicum* L.	23—4	2	4—5	8—4	9	322·6	7·4
„ *sanguineum* Spach.	15—4	1	22—4	4—4	8	260·2	10·6
„ *saccharinum* L.	26—4	1	3—5	17—4	9	336·9	11·2
Aesculus flava Ait.	14—4	2	1—5	29—3	9	253·7	7·9
„ *macrostachya* Mhx.	12—4	2	23—4	28—3	7	234·9	7·7
„ *Pavia* L.	9—4	2	21—4	23—3	7	232·5	8·0
Ailanthus glandulosa D. ♂	1—5	1	9—5	22—4	7	420·4	13·4
Alnus cordifolia Tenor.	14—4	2	29—4	30—3	6	269·1	4·4
„ *subcordata* C.A.Meyer	6—4	1	8—4	4—4	3	201·5	4·6
Amorpha fruticosa L. *var. lilacina*	6—5	2	19—5	22—4	9	442·2	15·5
Amygdalus divaricata	4—4	2	15—4	13—3	9	187·4	6·6
„ *orientalis* Mill.	17—4	1	19—4	15—4	3	240·6	6·6
Aristolochia Sipho Herit.	17—4	3	5—5	28—3	9	278·4	8·2
Berberis Aquifolium Pursh. *var. repens*	26—4	1	6—5	16—4	9	351·0	9·6
Berberis provincialis Audib. Schrad. Lodd.	4—4	2	22—4	13—3	9	185·9	6·2
Broussonetia papyrifera Vent. *var. cucullata*	5—5	3	27—5	23—4	7	444·5	23·9
Caragana arborescens Lam.	9—4	2	20—4	22—3	8	222·3	7·7
„ *frutescens* D. C. *var. silvatica*	10—3	4	3—4	8—2	8	119·5	12·5
Catalpa syringaefolia Sims.	5—5	2	17—5	21—4	9	423·2	8·6
Ceanothus americanus. L.	9—4	4	19—4	23—3	4	261·6	6·6
Celastrus scandens L.	9—4	3	20—4	19—3	7	236·7	6·9

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
			Datum				
Celtis occidentalis L.	27— 4		4— 5	21— 4	6	353°1	2°4
Cercis canadensis L.	5— 5	2	13— 5	25— 4	6	455·3	2·3
Cladrastis tinctoria	27— 4	3	14— 5	19— 4	6	379·0	19·8
Clematis orientalis L.	2— 4	3	10— 4	15— 3	6	202·1	9·0
„ *sibirica* Mill	12— 3	4	28— 3	9— 2	8	113·5	9·9
„ *virginiana* L.	5— 4	1	8— 4	3— 4	2	180·2	28·4
Cornus alba	3-- 4	1	13— 4	28— 3	6	176·0	6·7
Corylus americana Rich.	17— 4	1	19— 4	13— 4	3	292·4	2·4
Crataegus sanguinea Pall.	5— 4	2	14— 4	17— 3	7	206·4	8·1
„ *spahtulata* Michx.	13— 4	3	26— 4	5— 4	4	256·1	21·9
Cydonia chinensis Thouin.	2— 4	3	15— 4	14— 3	5	192·1	10·9
„ *japonica* Pers.	29— 3	2	14— 4	9— 3	8	156·5	6·1
Fraxinus expansa Willd.	20— 4	1	21— 4	18— 4	3	318·3	15·1
„ *lentiscifolia* Desf.	22— 4	1	28— 4	13— 4	7	339·2	4·1
„ *nigra Bosc.*	24— 4	2	3— 5	10— 4	7	346·9	10·8
Ginkgo biloba L.	21— 4	2	3— 5	3— 4	9	305·1	7·3
Gleditschia caroliensis Lam.	2— 5	1	11— 5	24— 4	7	425·0	17·8
„ *triacanthos* L. *var. inermis*	4— 5	2	15— 5	23— 4	9	409·1	12·4
Gymnocladus canadensis Lam.	4— 5	1	14— 5	25— 4	7	437·6	15·9
Hibiscus syriacus L.	5— 5	1	14— 5	28— 4	6	410·3	13·2
Juglans cinerea L.	12— 4	2	21— 4	30— 3	7	260·3	8·1
„ *nigra* L.	19— 4	1	26— 4	10— 4	7	312·8	10·1
Kerria japonica D. C.	29— 3	2	10— 4	9— 3	8	159·1	9·4
Kölreuteria paniculata L.	20— 4	2	2— 5	4— 4	9	297·5	6·8
Liriodendron tulpiferum L.	20-- 4	1	28— 4	10— 4	8	306·8	11·7
Lonicera grata Ait.	4-- 4	2	12— 4	13— 3	8	196·8	10·7
„ *tatarica* L. *var. pallida*	21—12	3	27—12	16—12	2	51·0	9·0
	28— 2	4	22— 3	9— 2	7		
Maclura aurantiaca ♀ Nuttal.	4— 5	2	17— 5	24— 4	7	447·8	21·2
Magnolia acuminata L.	27— 4	1	4— 5	21— 4	7	379·1	10·5
Morus scabra Willd.	29— 4	2	8— 5	20— 4	7	395·9	12·4
Paulownia imperalis Siebold.	6— 5	2	18— 5	21— 4	9	435·2	11·0
Pinus Cedrus L.	20— 4	2	30— 4	14— 4	5	295·5	9·6
„ *nigra* Ait.	9— 5	2	17— 5	29— 4	6	445·5	8·3
„ *rotundata* Link.	23— 5	1	31— 5	16— 5	8	642·3	16·2
„ *Strobus* L.	21— 5	1	29— 5	18— 5	9	615·6	15·4
Platanus occidentalis L.	23— 4	2	5— 5	10— 4	8	332·4	7·7
„ *orientalis* L. *var. acerifolia, grandifolia*	23— 4	2	5— 5	9— 4	9	317·7	6·1
Populus balsamifera ♂	12— 4	2	24— 4	6— 4	7	215·5	4·3
„ *graeca* Ait	11— 4	3	29— 4	27— 3	6	239·3	8·8
Potentilla fruticosa L. *var. plena*	23— 3	3	2— 4	4— 3	7	140·8	3·3
Prunus Americana L.	14— 4	2	29— 4	30— 3	9	253·3	7·0
„ *serotina* Ehrh.	14— 4	2	26— 4	27— 3	9	261·6	6·8

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler (Tage)	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Mittlere Wärme Summe	Wahrsch. Fehler
			Datum				
Prunus virginiana L. . .	2— 4	±1	7— 4	19—3	6	198°2	± 1°9
Ptelea trifoliata L. . . .	9— 5	1	16— 5	4—5	7	441·1	14·0
Pyrus Americana Spr. . .	13— 4	1	15— 4	10—4	3	268·8	13·9
„ *baccata* L.	18— 3	6	30— 3	27—2	3	136·3	6·0
„ *prunifolia* Willd. .	26— 3	2	3— 4	9—3	7	146·2	8·0
Quercus alba L.	22— 4	2	30— 4	10—4	7	336·0	10·2
Rhus typhina L.	21— 4	2	5— 5	9—4	9	304·0	9·8
Ribes aureum Pursh. *var. sanguineum* . . .	6— 3	4	4— 4	5—2	9	81·3	5.3
„ *stamineum* Smith. .	10—10	6	28—10	26—9	3	2584·2	74·7
Robinia hispida L. . . .	21— 4	3	6— 5	2—4	7	283·5	12·9
„ *Pseudacacia* L. *var. inermis*	23— 4	1	2— 5	10—4	9	326·3	9·0
„ *viscosa* Vent. . .	30— 4	2	13— 5	20—4	9	378·9	14·2
Rosa centifolia L. . . .	12— 4	2	25— 4	23—3	8	245·4	6·9
„ *damascena* L. . . .	3— 4	3	16— 4	10—3	7	199·6	10·4
„ *eglanteria* L. . . .	31— 3	2	6— 4	12—3	8	166·3	11·5
Salix babylonica L. . . .	1— 4	2	16— 4	13—3	9	175·1	9·5
Sophora japonica L. . . .	30— 4	2	13— 5	21—4	8	391·3	13·7
Spiraea opulifolia L . . .	28— 3	3	10— 4	16—3	6	172·9	5·1
„ *sorbifolia* L. . . .	1—10	2	6—10	27—9	3	2737·7	51·2
Syringa persica L. *var. albiflora*	18— 3	3	7— 4	14—2	9	125·1	9·0
Tecoma grandiflora Sweet.	29— 4	1	5— 5	19—4	6	402·6	21·2
„ *radicans* Juss. . .	30— 4	1	16— 5	22—4	7	409·2	15·6

Man sieht, dass der wahrscheinliche Fehler der normalen Daten für die Belaubung fast bei allen Baum- und Strauch-Arten nur einige wenige Tage beträgt. Ausnahmen zeigen sich nur bei jenen, deren Entwickelung in eine sehr frühe Epoche des Jahres fällt oder bei denen die Beobachtungen zu wenige Jahre umfassen. Der wahrscheinliche Fehler ist in der Regel nicht grösser als der Zeitraum, welcher von einem Besuche derselben Pflanze bis zu dem nächstfolgenden verstrich, da es bei einer so grossen Anzahl der beobachteten Arten und aus anderen Gründen nicht thunlich war, dieselbe Pflanze täglich der Beobachtung zu unterziehen. Eine genauere Bestimmung des wahrscheinlichen Fehlers aus einer länger fortgesetzten Beobachtungsreihe wäre demnach rein illusorisch gewesen.

Man sieht ferner, dass die Grenzen der Abweichungen des Datums der Belaubung von dem Normalmittel in den einzelnen Jahren einen Spielraum von mehreren Wochen haben, besonders wenn die Entwickelung der Pflanze in eine frühe Epoche des Jahres fällt,

wie bereits erwähnt worden ist. Die absoluten Grenzen dieses Spielraumes könnten nur aus einer viel länger fortgesetzten Beobachtungsreihe bestimmt werden. Schon die vorliegende macht ersichtlich das Wachsen desselben mit den Jahreszahlen. Dass die Beobachtungen, wie es in dieser Beziehung wünschenswerth wäre, nicht eine gleich lange und dieselbe Beobachtungsreihe umfassen, hat nur darin den Grund, dass viele von den Bäumen und Sträuchen, deren Beobachtung 1852 begonnen wurde, in Folge der Dürre, welche fast alljährlich die Vegetation der Umgebung Wiens einige Wochen hindurch heimsucht, eingingen. Alljährlich konnten namhafte Verluste verzeichnet werden, wozu der ungünstige Boden, in welchem die Pflanzen wurzeln und der Wechsel excessiver Temperaturen im Spätherbste und ersten Frühjahre nicht unbeträchtliche Contingente lieferten. Bei einem Theile der beobachteten Arten begann die Aufzeichnung auch später als 1852.

Die wahrscheinlichen Fehler der mittleren Temperatursummen welche die einzelnen Arten zur Entwickelung erfordern, sind grösstentheils so gering, dass man mit Recht behaupten kann, die Summe der täglichen mittleren Temperaturen über dem Gefrirpunkt, vom Anfang des Jahres bis zum Tage der ersten Belaubung gezählt, sei eine klimatische Constante dieser Erscheinung. Der wahrscheinliche Fehler beträgt in der Regel nämlich nur einige wenige Procente der Summe. Dieses Resultat muss um so mehr befriedigen, als die Temperaturen den Aufzeichnungen der k. k. Central-Anstalt entnommen sind und nicht an Ort und Stelle ausgeführt werden konnten.

In der folgenden Zusammenstellung sind die Pflanzen nach dem Tage, an welchem die Belaubung eintritt, chronologisch geordnet.

Tafel II. Kalender der Belaubung für Wien.

1. Oct.	*Spiraea sorbifolia.*	6. März.	*Ribes aureum.*
10. „	*Ribes stamineum.*	8. „	„ *Grossularia.*
21. Dec.	*Lonicera tatarica* [1]).	10. „	*Caragana frutescens.*
17. Jän.	*Sambucus nigra.*	12. „	*Clematis sibirica.*
22. „	*Lonicera Peryclimenum.*	14. „	*Daphne Laureola.*
28. Febr.	„ *tatarica* [2]).	17. „	„ *Mezereum.*

[1]) Im milden Winter.
[2]) Im normalen Winter.

18. März. *Pyrus baccata.*
Ribes alpinum.
Syringa persica.
21. „ *Lonicera Caprifolium.*
Sambucus racemosa.
22. „ *Evonymus europaeus.*
23. „ *Potentilla fruticosa.*
24. „ *Ligustrum vulgare.*
26. „ *Philadelphus coronarius.*
Pyrus prunifolia.
27. „ *Cydonia japonica.*
Spiraea ulmifolia.
Syringa vulgaris.
Viburnum lantanoides.
28. „ *Pinus Larynx.*
Spiraea chamaedryfolia.
„ *opulifolia.*
29. „ *Kerria japonica.*
Rubus Idaeus.
30. „ *Prunus cerasifera.*
Viburnum Opulus.
31. „ *Rosa eglanteria.*
1. April. *Prunus Padus.*
Salix babylonica.
2. „ *Clematis orientalis.*
Cornus sanguinea.
Cydonia chinensis.
Prunus virginiana.
Ribes nigrum.
„ *rubrum.*
Rosa canina
Salix daphnoides.
3. „ *Clematis Flammula*
Cornus alba
Cotoneaster vulgaris
Rosa alpina.
„ *damascena.*
4. „ *Amygdalus divaricata.*
Berberis provincialis.
Lonicera grata.
5. „ *Amygdalus communis.*
Clematis virginiana.
Crataegus sanguinea.
Cytisus prostratus.
Lonicera Xylosteum.
Rosa alba.

5. April. *Sorbus domestica.*
Spiraea crenata.
Syringa Josikaea.
6. „ *Alnus subcordata.*
Clematis Vitalba.
Colutea arborescens.
Corylus Avellana.
Cytisus elongatus.
Rhus Cotinus.
7. „ *Betula alba.*
Sorbus Chamaemespilus.
8. „ *Crataegus Oxyacantha.*
Cytisus Laburnum.
9. „ *Acer opulifolium.*
Aesculus Pavia.
Alnus glutinosa.
Amygdalus nana.
Atragene alpina.
Caragana arborescens.
Carpinus Betulus.
Ceanothus americanus.
Celastrus scandens.
Crataegus monogyna.
Evonymus verrucosus.
Rubus fruticosus.
Staphylea pinnata.
10. „ *Prunus Cerasus.*
Rosa gallica.
11. „ *Acer tataricum.*
Aesculus Hippocastanum.
Cydonia vulgaris.
Hippophaë rhamnoides.
Populus graeca.
Prunus avium.
Salix purpurea.
12. „ *Acer Negundo.*
Aesculus macrostachya
Evonymus latifolius.
Juglans cinerea.
Mespilus germanica.
Populus balsamifera.
Rosa centifolia.
Salix repens.
13. „ *Acer dasicarpum.*
Cornus mas.
Corylus Colurna.

13. April. *Crataegus spathulata.*
Prunus insititia.
„ *Mahaleb.*
Pyrus Americana.
„ *communis a.*
Tilia grandifolia.
14. „ *Aesculus flava.*
Alnus cordifolia.
Ilex Aquifolium.
Populus nigra.
Prunus americana.
„ *domestica.*
„ *serotina.*
Ulmus campestris.
15. „ *Acer sanguineum.*
Ostrya vulgaris.
Persica vulgaris.
Populus alba.
„ *pyramidalis.*
Prunus sibirica.
Salix fragilis.
Tilia argentea.
Ulmus effusa.
16. „ *Cytisus nigricans.*
Daphne alpina.
Elaeagnus hortensis.
Populus canescens.
Sorbus Aria.
17. „ *Amygdalus orientalis.*
Aristolochia Sipho.
Buxus sempervirens.
Corylus americana.
Pyrus communis β.
„ *Sorbus.*
Rhamnus Frangula.
18. „ *Sorbus torminalis.*
19. „ *Acer monspessulanum.*
Juglans nigra.
„ *regia.*
Paliurus aculeatus.
20. „ *Fraxinus expansa.*
Kölreuteria paniculata.
Liriodendron tulpiferum.
Pinus Cedrus.
Prunus spinosa.
Taxus baccata.

21. April. *Acer platanoides.*
Ampelopsis hederacea.
Fagus silvatica. a.
Ginkgo biloba.
Rhamnus Cathartica.
Rhus typhina.
Robinia hispida.
Tilia parvifolia.
22. „ *Fraxinus lentiscifolia.*
Quercus alba.
23. „ *Acer pensylvanicum.*
Fraxinus excelsior a.
Platanus occidentalis.
„ *orientalis.*
Robinia Pseudacacia.
Vitis vinifera.
24. „ *Acer Pseudoplatanus.*
Cytisus alpinus.
Diospyrus Lotus.
Fraxinus nigra.
Quercus pedunculata.
25. „ *Acer campestre.*
Quercus Cerris.
26. „ *Acer saccharinum.*
Berberis Aquifolium.
Celtis australis.
27. „ „ *occidentalis.*
Cladrastis tinctoria.
Magnolia acuminata.
28. „ *Carpinus duiensis.*
Ficus Carica.
Fraxinus Ornus.
Morus alba.
29. „ *Morus scabra.*
Tecoma grandiflora.
30. „ *Fagus silvatica β.*
Periploca graeca.
Pyrus Malus.
Robinia viscosa.
Sophora japonica.
Spartium junceum.
Tecoma radicans.
1. Mai. *Ailanthus glandulosa.*
Fraxinus excelsior β.
2. „ *Gleditschia caroliensis.*
3. „ *Cercis Siliquastrum.*

3. Mai.	*Populus tremula.*	6. Mai.	*Paulownia imperialis.*
4. „	*Gleditschia triacanthos.*	7. „	*Fraxinus excelsior γ.*
	Gymnocladus canadensis.	9. „	*Pinus nigra.*
	Maclura aurantiaca.		*Ptelea trifoliata.*
	Pinus Cembra.	14. „	*Pinus silvestris.*
5. „	*Broussonetia papyrifera.*		*Ulex europaeus.*
	Catalpa syringaefolia.	16. „	*Pinus Laricio.*
	Cercis canadensis.	21. „	„ *Strobus.*
	Hibiscus syriacus.	23. „	„ *Mughus.*
	Morus alba β.		„ *rotundata.*
6. „	*Amorpha fruticosa.*		„ *uncinata.*

Aus diesem Kalender ist ersichtlich, dass die Erscheinungen der Belaubung bei allen beobachteten Arten zusammen einen Zeitraum von beinahe 8 Monaten umfassen (genauer vom 1. October bis 23. Mai), nämlich alle Jahreszeiten mit Ausnahme des Sommers. Im Herbste und Winter beginnt die Belaubung freilich nur bei wenigen Arten. Dort sind es nur *Spiraea sorbifolia* und *Ribes stamineum*, hier *Sambucus nigra*, *Lonicera Peryclimenum* und *L. tatarica*, welche sich belauben. Alle anderen in den 3 Frühlingmonaten März bis Mai. Im Ganzen wurden 218 Arten beobachtet, bei diesen tritt die Belaubung ein vom

1.	bis	5.	März	bei	0	Arten,
6.	„	10.	„	„	3	„
11.	„	15.	„	„	2	„
16.	„	20.	„	„	4	„
21.	„	25.	„	„	5	„
26.	„	31.	„	„	14	„
1.	„	5.	April	„	27	„
6.	„	10.	„	„	22	„
11.	„	15.	„	„	41	„
16.	„	20.	„	„	23	„
21.	„	25.	„	„	23	„
26.	„	30.	„	„	19	„
1.	„	5.	Mai	„	14	„
6.	„	10.	„	„	5	„
11.	„	15.	„	„	2	„
16.	„	20.	„	„	1	„
21.	„	25.	„	„	4	„

Die Zahl der Arten nimmt demnach ziemlich regelmässig von Anfang März bis um die Mitte April zu und von da wieder bis gegen

Ende Mai ab. Ausser mehreren bei uns einheimischen Nadelholzarten gehören die Holzpflanzen, welche sich im Mai belauben, fast ohne Ausnahme nicht mehr unserem Floren-Gebiete an. Die Nadelhölzer machen den Schluss. Bemerkenswerth ist, dass bei der Krumholz-Föhre, *Pinus Mughus*, die Nadeln so spät zum Vorschein kommen.

Die Ordnung, in welcher die Arten nach dem Zeitpunkte der Belaubung in dem Kalender verzeichnet sind, gilt natürlich für den botanischen Garten und hier nur für bestimmte Individuen, die alljährig beobachtet worden sind. Die Individualität und Varietät, der specielle Standort und andere Verhältnisse können wohl bewirken, dass dieselbe für andere Stationen nicht strenge giltig ist. Es wird daher in der Folge von besonderem Interesse sein, Beobachtungen eines anderen Ortes, welche aber nach demselben Plane hinreichend lange angestellt worden sind, auf ähnliche Weise zusammenzustellen und zu vergleichen.

Um die bisher besprochenen Ergebnisse aus den Beobachtungen über die Belaubung schnell übersehen zu können, habe ich dieselben im Anschlusse graphisch darzustellen versucht. Diese Darstellung enthält auf einem rechtwinkligen Coordinaten - Systeme, in welchem die Jahrgänge die Abscissenlinie, die Zeiten der Entwickelung und die Temperatursummen die Ordinaten bilden, zweierlei Curven. Ein System derselben entspricht gleichen Vegetationsphasen, das andere gleichen Temperatur-Summen in verschiedenen Jahren. Dort wurden die Tage in den verschiedenen Jahren durch Linien verbunden, an welchen dieselben Pflanzenarten sich belaubten, hier jene Tage, an welchen die Temperaturen gleiche Summen erreichten. Die grosse Zahl der beobachteten Species erlaubte nicht, jede einzelne zu berücksichtigen, sondern die Daten aller einer und derselben Gattung angehörigen Arten wurden in ein Mittel vereint und überdies nur die Curven für jene Gattungen verzeichnet, welche wenigstens durch 4 Arten vertreten waren. Dieses Verfahren bot den Vortheil einer genügenden Compensation der Beobachtungsfehler. Die Lücken in einzelnen Jahren waren bei jeder Species früher durch Interpolation ergänzt worden, um eine vollständige neunjährige Beobachtungsreihe zu erhalten. Das fehlende Datum wurde nämlich mit Hilfe der Temperatur-Constante bestimmt. Dennoch glaube ich nicht dass diesem Verfahren die befriedigende Übereinstimmung zuzuschreiben ist,

welche man zwischen den Vegetations- und Temperatur-Curven bemerkt, da die interpolirten Daten nur einen geringen Theil der ganzen Summe der Daten ausmachen. So sind von 90 Daten bei *Acer* nur 10, von 36 bei *Aesculus* nur 5 u. s. w. durch Interpolation bestimmt worden, also nur $^1/_9$, welche Grösse im Allgemeinen das mittlere Verhältniss in dieser Hinsicht darstellen dürfte.

Man sieht, dass die Curven gleicher Temperatursummen im Allgemeinen mit jenen gleicher Vegetations-Phasen parallel laufen und dass sich beide zwischen desto engeren Grenzen bewegen, je weiter die Jahreszeit fortgeschritten ist. Tritt in einem Jahre in Folge günstiger Temperatur-Verhältnisse eine ungewöhnlich frühzeitige Entwickelung der Vegetation ein, so stellt sich dieselbe bei allen Arten heraus. Die Reihenfolge ist dieselbe, wie in normalen Jahren, Anfang und Ende derselben fallen aber in eine auffallend frühere Epoche des Jahres, als gewöhnlich, wie wir dies 1859 sehen, in welchem sämmtliche Curven den höchsten Scheitel erreichen. Eine auffallende Verzögerung in der Entwickelung als Folge ungünstiger Temperatur-Verhältnisse, wie in den Jahren 1853 und 1858, stört ebenfalls nicht wesentlich die Reihenfolge, welche übrigens in einer sehr vorgerückten Jahreszeit beginnt und endet.

In gewöhnlichen Jahren, wie 1854—1857 treten die Anomalien, welche in secundären Einflüssen, insbesondere in den Verhältnissen der Insolation, der Feuchtigkeit u. s. w. die von Jahr zu Jahr variiren können, wenn auch die Temperatur-Verhältnisse nahe dieselben sind, den Grund haben, mehr hervor. Manche Anomalien finden auch in der Art der Darstellung den Grund. Enthält eine Gattung Arten, welche in der Zeitfolge weit von einander abstehen, wie z. B. die Gattung *Pinus* die Species *Larynx*, deren Entwickelung in eine viel frühere Epoche fällt, als jene der übrigen Arten, so richtet sich die Vegetations-Curve nicht allein nach der nächstliegenden Temperatur-Linie, sondern auch nach der entfernten, welche für *Pinus Larynx* gelten würde, und kann daher mit der ersteren nicht parallel laufen. Die auffallende Störung, welche man in dem für die Gattung *Clematis* geltenden Curvenlauf findet, erklärt sich aus der eigenthümlichen Entwickelung und dem besonderen Standorte der Arten dieser Gattung. Es treiben nämlich im Frühjahre nur wenige Knospen und überdies an Pflanzen, welche sich an den Traillagen einer westseitigen Mauer befinden. Die Entwickelung hängt daher hier fast eben

so sehr von der Insolation wie von der Temperatur ab, oder es kann wenigstens von den allgemeinen Verhältnissen der letzteren kein sicherer Schluss gezogen werden auf jene am Standorte der Pflanze.

Ich führe diese Thatsachen an, um die Behauptung in Schutz zu nehmen, dass bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse von dem Einflusse der meteorologischen Potenzen auf die Entwickelung der Pflanzen, die Annahme stichhaltig sein, dass jede Pflanze zur Erreichung einer bestimmten Entwickelungsphase einer bestimmten Temperatur-Summe bedürfe, in der Weise berechnet, wie ich es seit Jahren zu thun pflege. Dass dieses Axiom auch für andere, als die eben betrachtete Phase gelte, hoffe ich in einem zweiten Theile meiner Arbeit auch in Bezug auf die Blüthe und Fruchtreife nachweisen zu können.

Beobachtungen über Entlaubung.

Die Resultate der Beobachtungen über die Entlaubung findet man in der Taf. III zusammengestellt. Sie hat im Allgemeinen dieselbe Einrichtung wie jene über die Belaubung. Taf. I enthält jedoch statt der Temperatur-Constanten und des wahrscheinlichen Fehlers derselben „die Dauer des Laubes“ für jede Pflanze ausgedrückt in Monaten und in Tagen. Ich halte nämlich die Temperatur-Constante hier für illusorisch und zwar aus folgenden Gründen. Bei der Entlaubung concurriren nämlich andere Factoren im gleichen Grade wie die Temperatur. Die eminente Wirksamkeit der letzteren würde bei der Belaubung nicht so sehr hervortreten, wie wir gesehen haben, wenn die Hauptbedingung dieser Wirksamkeit, nämlich eine genügende Menge der Feuchtigkeit, im Frühjahre nicht alljährlich erfüllt wäre. Reicht in manchen Jahren auch die Luftfeuchtigkeit nicht aus, so ist doch die Feuchtigkeit des Bodens, auf welche es jedenfalls mehr ankommt, fast ohne Ausnahme in genügender Menge vorhanden. Anders verhält es sich bei der Entlaubung, weil diese in den Herbst fällt.

Nach heissem trockenen Sommer sehen wir sie ungewöhnlich früh eintreten, die Erscheinungen sind jedoch nicht dieselben wie beim normalen Verlaufe in Jahren mit gewöhnlichen Temperatur-

Verhältnissen. Selten schreitet die Entlaubung nach langer Dürre ihrem Abschlusse entgegen, sondern ein mehr oder minder beträchtlicher Theil des Laubes bleibt vertrocknet am Baume haften. Die Abschätzung einer bestimmten Phase ist dann sehr erschwert.

Aber selbst in normalen Jahren bewirken Störungen mancher Art einen sehr zufälligen Verlauf. Ja bei manchen Gattungen ist die Entlaubung geradezu durch solche störende Ursachen bedingt. So bleiben *Fraxinus excelsior*, *Paulownia imperialis* u. a. nicht selten so lange belaubt, bis der erste Frost eintritt, ohne alle Rücksicht auf die Temperatursumme seit dem Zeitpunkte der Belaubung. Ein einziger Frost reicht hin, sie ihrer Tags zuvor noch vollständigen Laubkronen gänzlich zu berauben.

Eben so störend wirken Stürme und überhaupt heftige Winde ein, wenn auch erst dann, wenn das Laub die herbstliche Färbung angenommen hat. Die beiden eben erwähnten störenden Ursachen treten aber zu keiner bestimmten Epoche im Herbste, sondern in einem Jahre viel früher oder später als in dem anderen ein.

Ferner kommt noch auf den Standort des Baumes oder Strauches sehr viel an. Ist dieser durch vorstehende Baum- oder Häusergruppen gegen den Wind geschützt, so kann die Entlaubung bedeutend verzögert werden.

Bei mehreren Laubholzgattungen, wie *Quercus*, *Fagus*, *Castanea* findet überdies, wenigstens im Herbste, eine vollständige Entlaubung gar nicht Statt, sondern das Laub färbt sich braun, wird trocken und bleibt am Baume haften, theilweise selbst bis wieder die Belaubung im kommenden Frühjahre eintritt. Eine ähnliche Erscheinung stellt sich bei vielen anderen Holzpflanzen ein, nachdem die Lufttemperatur unter Null gesunken ist.

Man kann aus diesen Gründen dem vom Prof. Hoffman in Giessen bei der letzten Naturforscher-Versammlung in Wien gemachten Vorschlage, statt der Entlaubung die herbstliche Entfärbung des Laubes zum Gegenstande vergleichender Aufzeichnungen zu machen, nur seinen Beifall zollen. In der That wurde dieser Vorschlag von der Versammlung auch angenommen.

Die oben erwähnten störenden Einflüsse kommen bei der herbstlichen Entfärbung fast gar nicht in Betrachtung. Mit dem Eintritt des ersten Frostes, welcher z. B. im Mittel der letzten 9jährigen Aufzeitungen auf den 7. November fällt, kann man die Aufzeichnungen

schliessen, um die durch ihn bewirkte Entfärbung des Laubes mit der eigentlichen herbstlichen Wandlung des Grün in Gelb, Orange oder Roth nicht zu verwechseln. Heftige Winde bewirken zwar, dass das entfärbte Laub abfällt, haben aber nichts an, dem noch grünen Theile desselben, auf dessen Beobachtung es ankommt. Der verschiedene Standort modificirt nur insoferne die Verhältnisse der Entfärbung, als der Gang der Temperatur und Feuchtigkeit afficirt wird, welche sich in Rechnung bringen lassen.

In einer mehrjährigen Beobachtungsreihe wie die den mitgetheilten Resultaten zu Grunde liegende, gleichen sich wohl die Störungen aus. Die Mittheilung derselben dürfte daher immerhin von Interesse und Nutzen sein, wenn ich aus den angeführten Gründen auch auf die Ableitung von klimatischen Constanten verzichte. Ohnehin würde sich zu einer Anwendung derselben in so vorgerückter Jahreszeit gar nicht oder nur höchst selten die Gelegenheit ergeben.

Tafel III. Ergebnisse neunjähriger Beobachtungen über Entlaubung, angestellt im botanischen Garten zu Wien.

1. Pflanzen der österreichischen Flora.

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Dauer des Laubes	
			Datum			M.	T.
Acer campestre	24—10	±1	8—11	10—10	9	6	2
„ *monspessulanum*	16—11	2	25—11	11—11	4	7	1
„ *opulifolium*	10—11	1	13—11	7—11	4	6	4
„ *platanoides*	19—10	2	27—10	7—10	9	6	1
„ *Pseudoplatanus*	11—11	1	22—11	1—11	8	6	21
„ *tataricum*	3—11	2	16—11	26—10	9	6	26
Aesculus Hippocastanum	3—11	1	15—11	28—10	8	6	26
Alnus glutinosa	23—11	2	28—11	13—11	6	7	18
Ampelopsis hederacea	19—10	1	26—10	13—10	9	5	11
Amygdalus communis	15—11	1	27—11	8—11	7	7	15
„ *nana*	24—10	1	31—10	19—10	8	6	18
Atragene alpina	4—11	1	10—11	31—10	4	6	29
Betula alba	30—10	3	8—11	25—10	8	6	26
Carpinus Betulus	6—11	1	16—11	28—10	7	7	1
„ *duiensis*	15—11	3	25—11	1—11	5	7	10
Celtis australis	14—11	2	23—11	9—11	4	6	22
Cercis Siliquastrum	12—11	1	15—11	3—11	7	6	13
Colutea arborescens	6—11	1	14—11	31—10	5	7	4
Cornus mas	14—11	1	19—11	10—11	4	7	5
„ *sanguinea*	14—11	1	24—11	8—11	7	7	16
Corylus Avellana	25—10	3	11—11	6—10	8	6	22
„ *Colurna*	11—11	1	17—11	5—11	7	7	2
Cotoneaster vulgaris	17—10	2	30—10	26— 9	9	6	17
Crataegus monogyna	20—11	4	2—12	14—11	3	7	15
„ *Oxyacantha*	21—11	3	1—12	11—11	4	7	17
Cydonia vulgaris	23—11	2	2—12	18—11	3	7	16
Cytisus alpinus	12—11	1	15—11	9—11	3	6	22
„ *elongatus*	21—11	4	30—11	9—11	3	7	19
„ *prostratus*	6—11	3	13—11	26—10	3	7	5
Daphne Mezereum	3—11	7	2—12	14—10	4	7	23
Diospyros Lotus	10—11	2	21—11	1—11	5	6	20
Evonymus europaeus	6—11	3	14—11	27—10	4	7	19
„ *latifolius*	14—10	3	29—10	28— 9	8	6	7
Fagus silvatica a.	13—11	2	22—11	5—11	4	6	18
Ficus Carica	4—11	1	11— 3	2—11	6	6	10
Fraxinus excelsior α.	28—10	1	3—11	17—10	9	6	8
„ „ β.	9—11	1	17—11	2—11	8	6	12
„ „ γ.	12—11	1	17—11	3—11	6	6	9
„ *Ornus*	10—11	1	16—11	4—11	7	6	16
Juglans regia	29—10	2	17—11	20—10	8	6	13
Ligustrum vulgare	26—11	1	28—11	25—11	2	8	7
Lonicera Xylosteum	18—11	2	28—11	9—11	6	7	17
Mespilus germanica	17—11	3	25—11	9—11	2	7	9
Morus alba a.	19—10	2	30—10	10—10	7	5	24

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler	Spätestes Datum	Frühestes Datum	Beob. Jahre	Dauer des Laubes M.	T.
Morus alba β.	11—11	± 2	18—11	29—10	5	6	10
Paliurus aculeatus	24—10	1	3—11	16—10	8	6	8
Periploca graeca	16—11	1	22—11	12—11	4	7	15
Persica vulgaris	28—10	1	3—11	22—10	5	6	16
Philadelphus coronarius	2—11	1	15—11	24—10	8	7	11
Pinus Larynx	1—12	3	5—12	27—11	2	8	8
Populus alba	8—11	3	23—11	28—10	5	6	27
„ *canescens*	16—11	1	23—11	6—11	7	7	4
„ *nigra*	13—11	2	22—11	5—11	5	7	3
„ *pyramidalis*	17—11	1	23—11	10—11	6	7	6
„ *tremula*	3—11	5	11—11	26—10	2	6	4
Prunus avium	16—11	1	21—11	9—11	5	7	9
„ *cerasifera*	22—11	2	29—11	15—11	4	7	27
„ *Cerasus*	13—11	3	23—11	1—11	4	7	7
„ *domestica*	16—11	1	22—11	13—11	5	7	6
„ *institia*	11—11	2	15—11	5—11	3	7	2
„ *Mahaleb*	20—11	3	30—11	13—11	4	7	11
„ *Padus*	1—11	2	20—11	18—10	9	7	4
„ *sibirica*	22—10	1	28—10	13—10	7	6	10
„ *spinosa*	12—11	1	20—11	7—11	5	6	26
Pyrus communis α.	27—10	2	3—11	22—10	7	6	17
„ „ *β.*	2—11	1	12—11	23—10	7	6	19
„ *Malus*	22—11	2	29—11	13—11	5	6	26
„ *Sorbus*	7—11	2	18—11	3—11	5	6	24
Quercus Cerris	30—10	3	5—11	22—10	7	6	8
„ *pedunculata*	31—10	3	10—11	22—10	4	6	10
Rhamnus Cathartica	3—11	3	9—11	21—10	4	6	16
„ *Frangula*	23—10	5	14—11	27— 9	7	6	9
Rhus Cotinus	5—11	1	11—11	31—10	7	7	3
Ribes Grossularia	18—11	1	20—11	15—11	3	8	15
„ *nigrum*	11—10*	11	13—11	26— 8	4	6	12
„ *rubrum*	30— 9*	11	19—11	3— 9	4	6	1
Rosa alba	3—11	3	19—11	27—10	4	7	2
„ *alpina*	4—11	1	13—11	28—10	6	7	5
„ *canina*	22—11	5	2—12	14—11	3	7	24
Salix fragilis	29—10*	8	9—11	28— 9	3	6	17
„ *repens*	11—11	5	15—11	7—11	3	7	3
Sambucus nigra	14—11	2	22—11	4—11	5	10	1
„ *racemosa*	22—10	3	29—10	10—10	4	7	5
Sorbus Aria	22—10	1	1—11	14—10	8	6	9
„ *Chamaemespilus*	7—10	1	11—10	2—10	5	6	3
„ *domestica*	8—11	1	10—11	7—11	3	7	7
„ *torminalis*	10—11	2	16—11	4—11	4	6	26
Spiraea crenata	9—11	3	24—11	26—10	5	7	8
„ *ulmifolia*	13—11	2	27—11	2—11	7	7	21
Staphylea pinnata	21—10	4	13—11	4—10	7	6	15
Syringa Josikaea	4—10	1	15—10	21— 9	8	6	2
„ *vulgaris*	8—11	2	20—11	1—11	7	7	16
Tilia argentea	13—11	2	22—11	7—11	5	7	2

* Im Absterben begriffen.

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Dauer des Laubes
			Datum			M. T.
Tilia grandifolia	3—11	±2	16—11	19—10	8	6 24
„ *parvifolia*	9—11	1	17—11	31—10	8	6 22
Ulmus campestris	25—11	3	2—12	15—11	3	7 15
„ *effusa*	1—11	2	21—11	21—10	9	6 20
Viburnum lantanoides . .	25-11	1	27—11	23—11	2	8 1
„ *Opulus*	11—11	1	14—11	9—11	4	7 16
Vitis vinifera	6—11	3	11—11	2—11	6	6 17

2. Andere Pflanzen.

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Dauer des Laubes
Acer dasicarpum	28—10	±1	2—11	24—10	7	6 18
„ *Negundo*	30—10	1	11—11	23—10	8	6 21
„ *pensylvanicum* . .	27—10	1	30—10	22—10	9	7 8
„ *sanguineum*	25—10	2	8—11	10—10	7	6 5
„ *saccharinum* ? . .	24-10	2	31—10	15—10	9	6 1
Aesculus flava	30— 9	3	27-10	13— 9	9	5 19
„ *macrostachya* . .	26—10	1	31—10	18—10	8	6 17
„ *Pavia*	1—11	2	15—11	24—10	7	6 26
Ailanthus glandulosa . .	3—11	1	11—11	27—10	7	6 6
Alnus cordifolia	7—12	3	12-12	2-12	2	7 27
„ *subcordata*	12—11	2	15—11	9—11	2	7 10
Amorpha fruticosa . . .	13—10	1	17—10	10—10	6	5 10
Amygdalus divaricata . .	4—11	3	17-11	7—10	8	7 4
Aristolochia Sipho	28—10	1	2—11	17—10	8	6 14
Berberis provincialis . .	18—11	1	23—11	14—11	2	7 18
Broussonetia papyrifera .	4—11	1	15—11	28—10	7	6 3
Caragana arborescens . .	28—10	2	15—11	18—10	9	6 22
„ *frutescens* . . .	24—10	3	24—11	11—10	8	7 18
Catalpa syringaefolia . .	6—11	1	11—11	1—11	8	6 5
Ceanothus americanus . .	20—11	1	21—11	19—11	2	7 15
Celastrus scandens . . .	10—11	1	17—11	3—11	6	7 5
Celtis occidentalis	29—10	3	7-11	20—10	4	6 5
Cercis canadensis	15—10	1	24—10	7—10	8	5 13
Cladrastis tinctoria . . .	17—10	1	25—10	6—10	8	5 23
Clematis sibirica	6-10	5	23—10	5— 9	6	6 28
Cornus alba	23—10	3	28—10	17—10	6	6 23
Corylus americana	3—10	6	17—10	12— 9	4	5 19
Crataegus sanguinea . . .	27— 9	2	12—10	16— 9	8	5 25
„ *spathulata* . . .	5—10	2	17—10	21— 9	8	5 25
Cydonia chinensis	2—11	4	19—11	22—10	4	7 4
Fraxinus expansa	12—10	1	14—10	10—10	3	5 25
„ *lentiscifolia* . .	4—11	2	17—11	25—10	7	6 16
„ *nigra*	3—10	1	8—10	23— 9	6	5 12
Ginkgo biloba	11—11	1	22—11	1—11	8	6 24
Gleditschia caroliensis . .	13—10	2	27—10	4—10	8	5 14
„ *triacanthos* . .	19—10	2	26—10	6—10	9	5 18
Gymnocladus canadensis .	27—10	3	31—10	22—10	8	5 26
Hibiscus syriacus	17—11	0	17-11	17—11	2	6 16
Juglans cinerea	21—10	1	28-10	10—10	8	6 12
„ *nigra*	15—10	1	28—10	6—10	8	5 29
Kerria japonica	11—11	2	14—11	9—11	2	7 17

	Normal-Mittel	Wahrsch. Fehler	Spätestes	Frühestes	Beob. Jahre	Dauer des Laubes
			Datum			
Kölreuteria paniculata . .	24—10	±2	2—11	10—10	8	6 7
Liriodendron tulpifera . .	1—11	1	8—11	27—10	7	6 15
Lonicera tatarica	22—10	2	3—11	11—10	8	10 5 7 26
Maclura aurantiaca . . .	11—11	1	19—11	2—11	7	6 11
Magnolia acuminata . . .	18—10	1	25—10	9—10	8	5 24
Morus scabra	22—10	1	1—11	11—10	8	5 26
Paulownia imperialis . .	6—11	2	21—11	27—10	8	6 4
Platanus occidentalis . . .	6—11	4	19—11	17—10	5	6 17
„ *orientalis*	18—11	2	28—11	13—11	4	6 29
Populus balsamifera . . .	2—11	2	8—11	22—10	6	6 24
„ *graeca*	5—11	2	20—11	28—10	8	6 28
Prunus Americana . . .	13—10	2	21—10	7—10	6	6 2
„ *serotina*	4—11	2	21—11	28—10	8	6 24
„ *virginiana*	15—10	1	20—10	11—10	5	6 16
Ptelea trifoliata	6—11	2	15—11	21—10	7	6 1
Pyrus Americana	12—10	3	18—10	5—10	3	6 2
„ *baccata*	9—10	3	25—10	23— 9	6	7 11
„ *prunifolia*	5—11	3	21—11	20—10	7	7 14
Quercus alba	13—10	1	24—10	6—10	8	5 24
Rhus typhina	3—11	3	17—11	28—10	5	6 16
Ribes aureum	10—10	3	28—10	17— 9	9	7 8
„ *stamineum*	23—10	3	28 10	18—10	2	12 0
Robinia hispida	18—11	2	2—12	9—11	7	7 1
„ *Pseudoacacia* . .	14—11	1	21—11	9—11	7	6 25
„ *viscosa*	14—11	1	18—11	8—11	6	6 18
Rosa centifolia	10—11	3	15—11	6—11	2	7 2
„ *eglanteria* . . .	4—11	2	20—11	22—10	8	7 8
Sophora japonica	12—11	3	17—11	27—10	5	6 16
Spiraea opulifolia	12—11	1	14—11	9—11	5	7 19
Syringa persica	27—10	1	21—11	22—10	8	7 13
Tecoma grandiflora . . .	4—11	2	24—11	26—10	7	6 9
„ *radicans*	10—11	2	22—11	1—11	6	6 14

Man sieht aus der Tafel III, dass der wahrscheinliche Fehler der mittleren Epoche der Entlaubung, so wie bei der Belaubung, ebenfalls nur einige wenige Tage beträgt, obgleich die Beobachtungen der vielen Störungen wegen in Folge eines frühzeitigen Eintrittes des Winters in einigen Jahren und weil bei vielen Arten auch selbst vor dem normalen Eintritte des Winters in manchen Jahren die Entlaubung noch nicht vollendet war, viel lückenhafter sind.

Der Grund ist wohl darin zu suchen, dass die Grenzen der Epochen, wie aus den Daten der 3. und 4. Spalte zu entnehmen ist, enger gezogen sind, als bei der Belaubung. Die bekannte Thatsache dass die Lufttemperatur auf ihrem jährlichen Gange langsamer steigt, als sie fällt, erklärt dies genügend.

Man sieht ferner, dass die Dauer des Laubes, oder der Zeitraum von dem Beginne der Belaubung bis zur vollständigen Entlaubung bei den verschiedenen Arten sehr ungleich ist. Kann man auch die Dauer von 6 — 7 Monaten als Regel ansehen, so sinkt sie doch bei einigen, besonders wärmeren Erdstrichen angehörigen Arten auf 5 Monate herab und steigt bei anderen auf 8 — 12 Monate, so dass es selbst unter den alljährlich das Laub verlierenden Arten solche gibt, welche sich den Immergrünen anschliessen. Hierher gehört *Ribes stamineum (Robsonia speciosa)*, indem sich hier die Belaubung sogleich an die Entlaubung im Herbste anschliesst und über den Winter erhält.

Ähnlich verhält es sich bei *Spiraea sorbifolia*. Leider fehlen aber hier die Beobachtungen über Entlaubung. In dem nun folgenden Kalender der Entlaubung werde ich Gelegenheit finden, hieran weitere Bemerkungen zu knüpfen.

Tafel IV. Kalender der Entlaubung für Wien.

27. Sept.	*Crataegus sanguinea.*
30. „	*Aesculus flava.*
	Ribes rubrum.
3. Oct.	*Corylus Americana.*
	Fraxinus nigra.
4. „	*Syringa Josikaea.*
5. „	*Crataegus spathulata.*
6. „	*Clematis sibirica.*
7. „	*Sorbus Chamaemespilus.*
9. „	*Pyrus baccata.*
10. „	*Ribes aureum.*
11. „	*„ nigrum.*
12. „	*Fraxinus expansa.*
	Pyrus Americana.
13. „	*Amorpha fruticosa.*
	Gleditschia caroliensis.
	Prunus Americana.
	Quercus alba.
14. „	*Evonymus latifolius.*
15. „	*Cercis canadensis.*
	Juglans regia.
	Prunus virginiana.
17. „	*Cladrastis tinctoria.*
	Cotoneaster vulgaris.
18. „	*Magnolia acuminata.*
19. Oct.	*Acer platanoides.*
	Ampelopsis hederacea.
	Gleditschia triacanthos.
	Morus alba.
21. „	*Juglans cinerea.*
	Staphylea pinnata.
22. „	*Lonicera tatarica.*
	Morus scabra.
	Prunus sibirica.
	Sambucus racemosa.
	Sorbus Aria.
23. „	*Cornus alba.*
	Rhamnus Frangula.
	Ribes stamineum.
24. „	*Acer campestre.*
	„ saccharinum.
	Amygdalus nana.
	Caragana frutescens.
	Koelreuteria paniculata.
	Paliurus aculeatus.
25. „	*Acer sanguineum.*
	Corylus Avellana.
26. „	*Aesculus macrostachya.*
27. „	*Acer pensylvanicum.*
	Gymnocladus canadensis.

27. Oct.	*Pyrus communis a.*
	Syringa persica.
28. „	*Acer dasicarpum.*
	Aristolochia Sipho.
	Caragana arborescens.
	Fraxinus excelsior a.
	Persica vulgaris.
29. „	*Gymnocladus canadensis.*
	Juglans regia.
	Salix fragilis.
	Acer Negundo.
30. „	*Betula alba.*
	Quercus Cerris.
31. „	„ *pedunculata.*
1. Nov.	*Aesculus Pavia.*
	Liriodendron tulpifera.
	Prunus Padus.
	Ulmus effusa.
2. „	*Cydonia chinensis.*
	Philadelphus coronarius.
	Populus balsamifera.
	Pyrus communis β.
3. „	*Acer tataricum.*
	Aesculus Hippocastanum.
	Ailanthus glandulosa.
	Daphne Mezereum.
	Populus tremula.
	Rhamnus Cathartica.
	Rhus typhina.
	Rosa alba.
	Tilia grandifolia.
4. „	*Amygdalus divaricata.*
	Atragene alpina.
	Broussonetia papyrifera.
	Ficus Carica.
	Fraxinus lentiscifolia.
	Prunus serotina.
	Rosa alpina.
	„ *eglanteria.*
	Tecoma grandiflora.
5. „	*Populus graeca.*
	Pyrus prunifolia.
	Rhus Cotinus.
6. „	*Carpinus Betulus.*
	Catalpa syringaefolia.
	Colutea arborescens.
6. Nov.	*Cytisus prostratus.*
	Evonymus europaeus.
	Paulownia imperialis.
	Platanus occidentalis.
	Ptelea trifoliata.
	Vitis vinifera.
7. „	*Pyrus Sorbus.*
8. „	*Populus alba.*
	Sorbus domestica.
	Syringa vulgaris.
9. „	*Fraxinus excelsior β.*
	Spiraea crenata.
	Tilia parvifolia.
10. „	*Acer opulifolium.*
	Celastrus scandens.
	Diospyros Lotus.
	Fraxinus Ornus.
	Rosa centifolia.
	Sorbus torminalis.
	Tecoma radicans.
11. „	*Acer Pseudoplatanus.*
	Corylus Colurna.
	Ginkgo biloba.
	Kerria japonica.
	Maclura aurantiaca.
	Morus alba β.
	Prunus institia.
	Salix repens.
	Viburnum Opulus.
12. „	*Alnus subcordata.*
	Cercis Siliquastrum.
	Cytisus alpinus.
	Fraxinus excelsior γ.
	Prunus spinosa.
	Sophora japonica.
	Spiraea opulifolia.
13. „	*Fagus sylvatica a.*
	Populus nigra.
	Prunus Cerasus.
	Spiraea ulmifolia.
	Tilia argentea.
14. „	*Celtis australis.*
	Cornus mas.
	„ *sanguinea.*
	Robinia Pseudoacacia.
	„ *viscosa.*

14. Nov.	*Sambucus nigra.*	20. Nov.	*Ceanothus americanus.*
15. „	*Amygdalus communis.*		*Crataegus monogyna.*
	Carpinus duiensis.		*Prunus Mahaleb.*
16. „	*Acer monspessulanum.*	21. „	*Crataegus Oxyacantha.*
	Periploca graeca.		*Cytisus elongatus.*
	Populus canescens.	22. „	*Prunus cerasifera.*
	Prunus avium.		*Pyrus Malus.*
	„ *domestica.*		*Rosa canina.*
17. „	*Hibiscus syriacus.*	23. „	*Alnus glutinosa.*
	Mespilus germanica.		*Cydonia vulgaris.*
	Populus pyramidalis.	25. „	*Ulmus campestris.*
18. „	*Berberis provincialis.*		*Viburnum Lantana.*
	Lonicera Xylosteum.	26. „	*Ligustrum vulgare.*
	Platanus orientalis.	1. Dec.	*Pinus Larynx.*
	Ribes Grossularia.	7. „	*Alnus cordifolia.*
	Robinia hispida.		

Die regelmässige Entlaubung ist im Allgemeinen auf den Herbst, insbesondere die beiden Monate October und November beschränkt.

Die Zahl der Arten, bei welchen sich wenigstens in zwei Beobachtungsjahren eine regelmässige Entlaubung einstellte, ist 173. Von den 218 in der Belaubung beobachteten Arten entfallen demnach 45, bei welchen die Entlaubung entweder gar nicht stattfindet, oder höchstens einmal vor Eintritt des Winters binnen 9 Jahren eintrat. Sie vertheilen sich auf die fünftägigen Abschnitte des Zeitraumes vom 27. September bis 7. December, wie folgt:

25.	bis	30.	September	mit	3	Arten,
1.	„	5.	October	„	4	„
6.	„	10.	„	„	4	„
11.	„	15.	„	„	11	„
16.	„	20.	„	„	7	„
21.	„	25.	„	„	18	„
26.	„	31.	„	„	17	„
1.	„	5.	November	„	29	„
6.	„	10.	„	„	23	„
11.	„	15.	„	„	29	„
16.	„	20.	„	„	16	„
21.	„	25.	„	„	9	„
26.	„	30.	„	„	1	„
1.	„	5.	December	„	1	„
6.	„	10.	„	„	1	„

Die Arten, bei welchen die Entlaubung nicht vor Eintritt des Winters stattfindet, sind: *Amygdalus orientalis, Clematis Flammula, C. Vitalba, C. orientalis, C. virginiana, Cydonia japonica, Cytisus Laburnum, C. nigricans, Daphne alpina, Elaeagnus hortensis, Evonymus verrucosus, Fagus sylvatica pendula, Hippophaë rhamnoides, Lonicera Caprifolium, L. grata, L. Peryclimenum, Ostrya vulgaris, Potentilla fruticosa, Ribes alpinum, Rosa damascena, R. gallica, Rubus fruticosus, R. Idaeus, Salix babylonica, S. daphnoides, S. purpurea, Spartium junceum.*

Mehrere davon könnte man beinahe zu den Immergrünen zählen. Entschieden gehören dazu: *Berberis Aquifolium, Buxus sempervirens, Daphne Laureola, Ilex Aquifolium, Pinus Cedrus, P. Cembra, P. Laricio, P. Mughus, P. nigra, P. Picea, P. rotundata, P. sylvestris, P. Strobus, P. uncinata, Taxus baccata, Ulex europaeus.*

Fritsch. Resul

emperatur.

1856. — XXe Année. Louvain; 12e.

8

III. SITZUNG VOM 17. JÄNNER 1861.

Das hohe k. k. Ministerium des Äussern überlässt der Akademie, laut Zuschrift vom 13. Jänner 1861, ad Z. $\frac{827}{6}$, den Reisebericht des Herrn G. G. Miani, über dessen neueste Forschungen zur Entdeckung der Nilquellen, nebst der zugehörigen Karte.

Herr Dr. Handl, suppl. Professor der Physik an der k. k. Universität zu Lemberg, übersendet eine Abhandlung: „Über die Krystallformen des tellursauren Kalis, des styphninsauren Ammoniaks und des essigsauren Kalk-Chlorkaliums".

Herr Director Kreil übergibt eine Abhandlung: „Über die täglichen Schwankungen des Luftdruckes".

Herr Professor Brücke legt eine Abhandlung des c. M., Herrn Prof. Dr. Czermak vor, welche den Titel führt: „Zur objectiven Erklärung einiger sogenannten subjectiven Gesichtserscheinungen".

Herr L. Mauthner überreicht eine Abhandlung: „Über die sogenannten Bindegewebskörperchen des centralen Nervensystems". Die betreffenden Untersuchungen wurden im physiologischen Institute der k. k. Wiener Universität angestellt.

Herr G. Ritter v. Frauenfeld übergibt einen Bericht über weitere Bearbeitung der Novarasammlungen, nebst einer Fortsetzung der Abhandlung: „*Lepidopterorum Amboinensium* a. D[re] L. Doleschall *annis 1856—58 collectorum species novae diagnosibus collustratae* a D[re] C. Felder. II. *Heterocera*".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annuaire de l'université catholique de Louvain. Année bissextile 1856. — XX[e] Année. Louvain; 12°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1290. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, II. Heft. Wien, 1861; 8°.

Cosmos, X[e] Année, 18[e] Volume, 2[e] Livraison. Paris, 1861; 8°.

Encke, J. F., Berliner astronomisches Jahrbuch für 1863. Unter Mitwirkung des Herrn Prof. Wolfers. Berlin, 1860; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1861; kl. 4°.

Lanza, Francesco, Viaggio in Inghilterra e nella Scozia passando per la Germania, il Belgio e la Francia durante la esposizione della industria universale in Parigi. Trieste, 1860; 8°.

Society, The Royal —; Proceedings. Vol. X. No. 40. London, 1860; 8°.

— The Chemical, — The Quarterly Journal. Vol. XIII. 3. Nr. LI. October 1860. London; 8°.

Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Veterinärkunde. XV. Band, 1. Heft. Wien, 1861; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1861; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, X. Jahrgang, Nr. 6. Gratz, 1861; 4°.

Über die Krystallformen des tellursauren Kalis, des styphninsauren Ammoniaks und des essigsauren Kalk-Chlorcalciums.

Von Dr. A. Handl,

k. k. supplirendem Professor der Universität in Lemberg.

Die nachfolgenden Messungen wurden mit dem schon bei früheren Gelegenheiten beschriebenen Goniometer des k. k. physikalischen Institutes in Wien ausgeführt, dessen Benützung während der verflossenen Herbstferien mir durch die Liberalität des Herrn Directors Regierungsrath R. v. Ettingshausen, und die Bereitwilligkeit meines Freundes Dr. Reitlinger, Assistenten daselbst, ermöglicht wurde; die Substanzen verdanke ich der Güte des Herrn Karl Ritter v. Hauer, welchen Herren ich hiemit meinen Dank ausspreche.

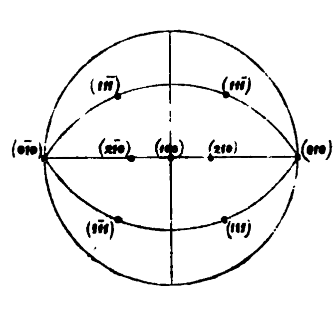
Tellursaures Kali. $KO . TeO_3$.

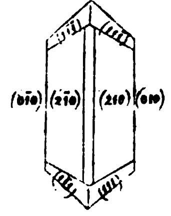
Rhombisch;

$a : b : c = 1 : 0{\cdot}7293 : 0{\cdot}5566$,

beobachtete Formen:

$\{100\}, \{010\}, \{210\}, \{111\}$.





Die Krystalle, deren Projection die nebenstehenden Holzschnitte zeigen, sind kleine, wasserhelle, rhombische Prismen $\{210\}$ mit sehr schwachen Abstumpfungen beider Seitenkanten, $\{100\}$ und $\{010\}$, geschlossen durch die Flächen des Hauptoktaëders $\{111\}$, ohne ein besonderes Vorherrschen der einen oder andern Dimension. Besondere Spaltbarkeit nicht bemerkbar.

Die Winkel der Normalen ergaben sich wie folgt:

		gerechnet	gemessen	
(210)	(100)	34°26'		
(210)	(010)	55 34		
(210)	($\bar{2}$10)		111° 8'	
(210)	(2$\bar{1}$0)	68 52	69 11	ca.
(111)	(100)	66 8		
(111)	(010)		56 18	
(111)	(001)	43 22		
(111)	(210)	49 39		
(111)	(1$\bar{1}$1)	67 24	67 24	
(111)	($\bar{1}$11)	47 44	47 44	
(111)	(11$\bar{1}$)	93 16		

Das tellursaure Kali ist isomorph dem schwefelsauren, selensauren, chromsauren und mangansauren Kali, sowie dem schwefelsauren Ammoniak von entsprechender Zusammensetzung; am schwefelsaurem Kali wurde gefunden [1]:

$$a : b : c = 1 : 0{\cdot}7464 : 0{\cdot}5727,$$

deutlicher erhellt die Isomorphie aus folgender Vergleichung der gemessenen Winkel der Normalen

		am tellursauren	u. schwefelsauren Salze
(210)	($\bar{2}$10)	69°11' ca.	67°38'
(210)	(2$\bar{1}$0)	111 8	112 22
(111)	(100)	56 18	56 20
(111)	($\bar{1}$11)	67 24	67 20
(111)	(1$\bar{1}$1)	47 44	48 52

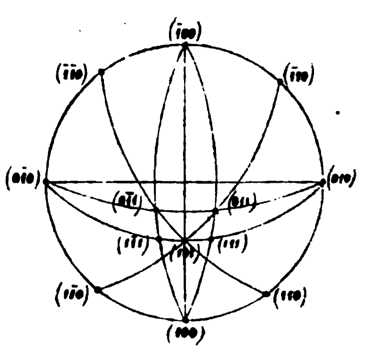
Styphninsaures Ammoniak.

Monoklinoëdrisch,

$$a:b:c = 0{\cdot}8010:1:0{\cdot}4783$$
$$ac = 76°58$$

beobachtete Formen:

{100},{010},{110},{011},{101}, {111}.



Die Krystalle sind langgestreckte Säulen, gebildet aus dem Prisma {110} mit den Abstumpfun-

[1]) Rammelsberg's Handbuch der krystall. Chemie, p. 177.

gen beider Seitenkanten, {100} und {010}, geschlossen durch das Längsdoma {011} und die vordere Hälfte des Querdomas {101}; letzteres tritt sowie die Pinakoide, meist nur sehr schwach auf; die Pinakoidflächen sind lebhaft glänzend und vollkommen eben, während die Prismenflächen stark längsgestreift und mit welligen Linien bedeckt erscheinen.

Die Projection der Krystalle zeigt vorhergehende Figur. In der Zone [(010) (101)] liegt die Oktaidfläche {111}. —

Es fanden sich die Winkel der Normalen:

	gerechnet	gemessen
(110) (100)	—	37°58'
(110) (010)	52° 2'	52 5
(110) ($\bar{1}$10)	104 4	
(110) (1$\bar{1}$0)	75 56	
(011) (010)	—	65 1
(011) (001)	24 59	
(011) (100)	78 12	
(011) (0$\bar{1}$1)	49 58	49 57
(011) (01$\bar{1}$)	130 2	
(101) (100)	51 17	—
(101) (001)	25 41	—
(101) (110)	60 27	60 ca.
(101) (011)	35 14	35 ca.
(011) (110)	74 56	
(011) ($\bar{1}$10)	—	84 19
(0$\bar{1}$1) (110)	95 41	
(111) (100)	54 8	
(111) (010)	69 32	69 40
(111) (001)	32 24	
(111) (101)	20 56	20 50
(111) (011)	24 4	26 ca.

Essigsaurer Kalk-Chlorcalcium.

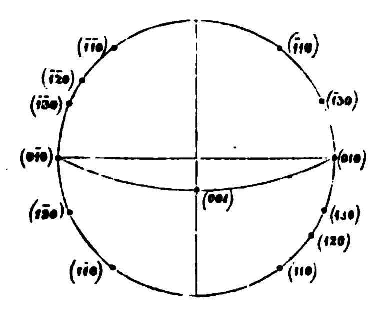
Monoklinoëdrisch,

$a : b : c = 0{\cdot}8395 : 1 : ?$

$ac = 63°11$;

beobachtete Formen:

{010}, {001}, {110}, π{120}, {130}.



Die Krystalle sind wasserhelle rhombische Säulen, von mehreren oft sehr kleinen Prismenflächen

gebildet, unter welchen ein Pinakoid {010} in der Regel vorherrscht und den ganzen Krystallen die Gestalt länglicher Platten verleiht; von Prismenflächen fanden sich: {110}, {130} und {120}, von welch letzteren aber immer nur ein Paar beobachtet wurde, alle sind stark längsgestreift. Geschlossen sind die Säulen durch eine auf die Pinakoide gerade aufgesetzte Schiefendfläche {001}. Etwas zerfliesslich; Fettglanz; die Winkel der Normalen sind:

		gerechnet	gemessen
(110)	(010)	53° 9'5	52°57'
(120)	(010)	33 43	33 40
(130)	(010)	23 59	23 49
(110)	(001)	—	68 50
(120)	(001)	75 30	
(130)	(001)	79 26	
(110)	($\bar{1}$10)	106 19	
(110)	(1$\bar{1}$0)	—	73 41
(130)	($\bar{1}$30)	47 58	
(130)	(1$\bar{3}$0)	132 2	
(110)	(120)	19 26·5	19 20
(110)	(130)	29 10·5	28 54
(110)	($\bar{1}$30)	77 8·5	—
(110)	(1$\bar{3}$0)	102 51·5	—
(120)	(130)	9 44	10 ca.
(120)	($\bar{1}$30)	57 42	
(120)	(1$\bar{3}$0)	122 18	

Über die täglichen Schwankungen des Luftdruckes.

Von dem w. M. Karl Kreil.

Unter den Erscheinungen, welche sich alle Tage vor unseren Augen wiederholen, sind wenige, welche den ausdauernden Fleiss und den Scharfsinn der Meteorologen so sehr auf die Probe gestellt hätten, als die täglichen Schwankungen des Luftdruckes. Seit ihrer ersten Entdeckung im Jahre 1666 bis auf den heutigen Tag haben sich fast alle in diesem Fache ausgezeichneten Männer damit beschäftigt, sei es nun, die Thatsache selbst durch Beobachtungen nach allen Seiten festzustellen und zu beleuchten, oder um eine Erklärung derselben aufzufinden. In letzter Beziehung theilten sie sich in zwei Parteien, von denen die erste und zahlreichere die Erwärmung des Erdbodens und der unteren Luftschichten durch die Sonne als Ursache annahm, die zweite aber diese in einer anderen kosmischen Kraft suchte. Man hatte zuerst die Schwerkraft in Verdacht, und betrachtete demgemäss die Erscheinung als eine atmosphärische Ebbe und Fluth, ganz ähnlich dem durch Sonne und Mond hervorgebrachten oceanischen Steigen und Fallen der Gewässer. Allein da der Mond, dem hiebei die Hauptrolle zugedacht ist, sich fortwährend störrisch erweist, und eine durch ihn hervorgebrachte Änderung des Luftdruckes kaum erkennen lässt, so war man genöthigt, diese Idee fallen zu lassen, und setzt in neuester Zeit an die Stelle der Schwerkraft die elektrischen [1]) oder magnetischen [2])

---

[1]) Lettre de Msr. Lamont à Msr. Quetelet. Bulletin de l'Académie de Belgique 2me série tome VIII, Nr. 9 et 10.

[2]) On the Semidiurnal and Annual Variations of the Barometer. By John Allan Broun F. R. S. Director of the Observatories of Travancore. Report of the 29th meeting of the brit. Association for advancement of Sciences at Aberdeen 1859. Notices pag. 43.

Kräfte der Sonne. Andererseits wurde in einer ganz neuerlich in der Pariser Akademie über einen verwandten Gegenstand geführten Erörterung die Ansicht ausgesprochen, dass die täglichen Änderungen des Luftdruckes sich vollständig aus der durch die Wärme erzeugten senkrechten Bewegung der Luftmassen erklären lassen.

Man sieht also, dass wenn es sich um die vollständige Erklärung der Erscheinung handelt, die Meinungen der Meteorologen noch jetzt getheilt sind, wenn es gleich wahrscheinlich nicht Einen gibt, welcher der Temperatur nicht wenigstens einen Antheil daran gestattete. Die meisten finden die Schwierigkeit darin, dass sie im Verlaufe des Tages nur zwei Wendungen zeigt, während beim Luftdrucke vier hervortreten, und namentlich sind es die Nachtwendungen, welche ihrer Meinung nach aus den Temperatur-Änderungen nicht erklärt werden können.

Man war mit Recht von jeher der Meinung, dass diese Frage nur durch eine zweckmässige Behandlung der darüber angestellten Beobachtungen gelöst werden könne, und der Mangel derselben, vorzüglich der Nachtbeobachtungen war in früheren Zeiten die Ursache, dass es nicht geschah. Da aber in neuerer Zeit durch Errichtung von Anstalten und Aufstellung von Apparaten, welche ihre Aufzeichnungen auch über die Nachtstunden ausdehnen, diesem Mangel abgeholfen wurde, so ist es an der Zeit die Frage wieder aufzunehmen, und wirklich haben auch die beiden genannten Gelehrten ihre Ansicht durch Aufführung von Beobachtungen unterstützt. Namentlich stellte Herr Lamont 15jährige Beobachtungen der Münchner Sternwarte zusammen, so wie von anderen Orten, und leitete daraus die beiden ersten Glieder der bekannten Reihen ab und zwar für München in jedem Monate, so dass sich der tägliche und jährliche Gang ergibt. Das erste Glied zeigt eine Änderung, welche sich nahezu an jene der Temperatur anschliesst, und da es seiner Natur nach nur Ein Paar Wendungen darstellt, sieht der Verfasser dieses Glied als dasjenige an, das seinen Ursprung in den Temperaturänderungen hat. Das zweite hingegen, dessen Werth nach den Münchner Beobachtungen jenen des ersten weit übertrifft, stellt zwei Wendungspaare dar, und zeigt in seinem Gange mit jenem der Temperatur nur geringe Ähnlichkeit. Dieses Glied glaubt Herr Lamont aus der Wirkung der elektrischen Kräfte der Sonne herleiten zu können. Die Beobachtungen an den übrigen

Stationen stellen die Abhängigkeit der täglichen Schwankungen von der Breite dar.

Herrn Broun's Augenmerk scheint nach dem vorliegenden Auszuge zunächst darauf gerichtet gewesen zu sein, zu sehen, ob durch Ausscheidung des Dunstdruckes der tägliche Gang des Luftdruckes nicht vereinfacht, nämlich auf Ein Maximum und Minimum zurückgeführt werden könne, was jedoch nicht gelang, vielmehr zeigten die Beobachtungen von Trevandrum, dass auch nach dieser Ausscheidung vier Extreme vorhanden waren, und zwar sowohl in der Jahreszeit der Monsune, als in der trockenen, wenn Land- und Seewinde wechseln, so wie auch im Jahresmittel. Am deutlichsten traten aber die Änderungen in der Jahreszeit der Monsune hervor, in welcher keine Land- und Seewinde wehen.

Eine andere Thatsache ging aus Beobachtungen hervor, welche Herr Broun in Trevandrum und an vier Stationen in den Ghats anstellen liess, und zwar in verschiedenen Höhen bis 6200 Fuss über der See, nämlich, dass die Nachtschwankungen mit der Höhe grösser wurden, die Tagschwankungen aber kleiner, welche Verminderung er zum Theile von der verticalen Bewegung der Luftmassen herleitet.

Der Verfasser erklärt, wie gesagt, die Schwankungen aus einer ähnlichen Ursache, wie Herr Lamont, nämlich aus der magnetischen Kraft der Sonne, welche den ihr zugekehrten Theil der Atmosphäre anzieht, den abgewendeten abstösst.

Die Lesung dieser Aufsätze führte mir eine Arbeit in's Gedächtniss zurück, die ich vor Jahren begonnen aber nicht vollendet hatte, und deren Vollendung mir jetzt angemessen schien, da sie den Zweck hatte, zu sehen, wie weit man auf Grundlage der Beobachtung und ohne andere kosmische Kräfte zu Hilfe zu nehmen, blos aus den Änderungen der Temperatur die täglichen Barometerschwankungen zu erklären im Stande sei.

Natürlich musste man hiebei nicht nur die verschiedenen Thermometergrade berücksichtigen, sondern auch alle anderen mittelbaren und unmittelbaren Folgen der wachsenden oder abnehmenden Wärme, wie die grössere oder kleinere Spannung der eingeschlossenen und gedrückten Luftmassen, ihre Elasticität, vermöge welcher sie, von einer Seite gedrückt, nicht sogleich in progressive Bewegung gerathen, sondern zunächst an der gedrückten Seite verdichtet

werden, ihre Trägheit, nach welcher sie, einmal in Bewegung gesetzt, diese fortsetzen auch wenn die Ursache der Bewegung aufgehört hat, die Wärme, welche der Boden annimmt und ausstrahlt, und vor allem die auf- und abströmende Bewegung der Luftmassen, wenn sie längere Zeit erwärmt worden sind, und diese Erwärmung dann aufhört. Der aufsteigende Luftstrom spielt schon seit langem die ihm gebührende Rolle in der Meteorologie, aber der absteigende wurde bisher noch nicht gehörig gewürdigt. Allein so wie der erste durch die zunehmende Bewegung unserer Windfahnen in den Morgenstunden, durch die Entstehung und das Aufsteigen der Haufenwolken, durch die grössere Trübung des Himmels gegen Mittag, und durch die Seewinde am Ufer des Meeres sich offenbaret, so sind für den letzten das Verschwinden der Wolken, die durch ihn in tiefere und wärmere Schichten gesenkt werden, daher die Aufheiterung des Himmels und geringere Regenmenge in den Abend- und Nachtstunden während des Sommers, und die Landwinde an der See ein eben so sprechender Beweis, und wenn er nicht so leicht zu beobachten ist als der aufsteigende Strom, so ist die Ursache gewiss nur, wenigstens für die tiefer liegenden Beobachtungsorte, in der Nähe des Erdbodens zu suchen, welcher seinem Vordringen Schranken setzt, so dass er nur eine für gewöhnliche Wahrnehmungen unmerkliche Verdichtung und Zusammenpressung der Luft hervorbringen muss.

Wenn der auf- und absteigende Luftstrom als Hauptursache der täglichen Änderungen des Luftdruckes angenommen werden soll, so muss man vor allem untersuchen, ob auch er solchen Änderungen unterworfen sei, dass jene daraus erklärt werden können. Wäre dies nicht der Fall, so würde eine solche Annahme von vorne herein zu verwerfen sein.

Es besteht aber leider noch kein Apparat, und in unseren Gegenden auch kein anderes Mittel den aufsteigenden Luftstrom zu beobachten, noch weniger zu messen; man muss daher ein indirectes Verfahren anwenden, um wenigstens über seine Änderung Gewissheit zu erlangen. Ich glaube man wird nicht viel irren, wenn man die in die tägliche Periode eingeschlossene Änderung der Windstärke, wie sie von unseren Fahnen angezeigt wird, ausschliesslich ihm zuschreibt. Denn es ist sehr begreiflich, dass auch in einem beschränkten Umkreise von etwa einigen Quadratmeilen die Erwärmung

des Bodens und die aufwärts drängende Kraft der Luft, je nach der Beschaffenheit und Bedeckung desselben in verschiedener Weise auftrete, und dass die Luft stets von den kühleren Theilen, z. B. Wäldern, Sümpfen, Gewässern u. s. f. den mehr erwärmteren zuströmen müsse, wodurch eine Menge kleinerer Luftmassen in einer mehr oder weniger gegen den Horizont geneigten Richtung in Bewegung gesetzt werden, welche von unseren Windfahnen angezeigt wird, und die tägliche Änderung der Windstärke hervorbringt.

Demgemäss wurden aus siebenjährigen Aufzeichnungen der Windstärke des autographen Windmessers in Prag (von den Jahren 1849 — 1855) folgende Tagesgleichungen gesucht, sowohl für die einzelnen Jahreszeiten als für das ganze Jahr, und daraus die Windstärke von Stunde zu Stunde gefunden.

Tagesgleichung für den Winter (December, Jänner, Februar):

$$y = 75\cdot92 + 12\cdot00 \sin(x.15^\circ + 89^\circ\ 2'7) + 5\cdot32 \sin(2x.15^\circ + 103^\circ 29'2) + 2\cdot38 \sin(3x.15 + 25\ \ 3\cdot6)$$

für den Frühling:

$$y = 42\cdot11 + 17\cdot85 \sin(x.15^\circ + 69^\circ 19'9) + 7\cdot84 \sin(2x.15^\circ + 63^\circ 24'1) + 1\cdot35 \sin(3x.15 + 204\ \ 51\cdot8)$$

für den Sommer:

$$y = 32\cdot11 + 18\cdot90 \sin(x.15^\circ + 68^\circ 41'3) + 7\cdot41 \sin(2x.15^\circ + 37^\circ 46'0) + 3\cdot59 \sin(3x.15 + 278\ \ 29\cdot5)$$

für den Herbst:

$$y = 40\cdot50 + 12\cdot14 \sin(x.15^\circ + 78^\circ 50'3) + 6\cdot40 \sin(2x.15^\circ + 80^\circ 27'9) + 1\cdot40 \sin(3x.15 + 291\ \ 47\cdot9)$$

für das Jahr:

$$y = 47\cdot66 + 15\cdot30 \sin(x.15^\circ + 75^\circ\ 2'2) + 6\cdot49 \sin(2x.15^\circ + 68^\circ 22'8) + 0\cdot53 \sin(3x.15 + 267\ \ 50\cdot4)$$

Die letzten drei Glieder dieser Gleichungen geben folgende Zahlen, welche mit Rücksicht auf ihr Zeichen dem ersten Gliede beizufügen sind, um für jede Stunde die Windstärke zu erhalten:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Mitternacht . .	— 7·84	— 9·12	—13·12	— 4·30	— 8·22
13h . .	—10·02	— 8·67	—12·38	— 5·57	— 8·49
14 . .	—11·14	— 9·83	—12·17	— 7·94	— 9·68
15 . .	— 9·90	—12·28	—12·38	—10·31	—11·21
16 . .	— 8·82	—14·22	—12·54	—11·53	—12·29

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
17ʰ . .	— 6·16	—16·00	—12·07	—10·83	—12·06
18 . .	— 3·21	—14·54	—10·43	— 8·14	—10·00
19 . .	— 0·14	—10·05	— 7·33	— 3·89	— 6·05
20 . .	+ 3·31	— 3·09	— 2·77	+ 1·15	— 0·58
21 . .	+ 7·34	+ 5·11	+ 3·02	+ 6·25	+ 5·67
22 . .	+11·79	+13·00	+ 9·73	+10·86	+11·79
23 . .	+15·83	+19·29	+15·77	+14·53	+16·92
Mittag	+18·18	+23·14	+21·06	+16·92	+20·28
1ʰ . .	+17·74	+24·31	+24·38	+17·55	+21·33
2 . .	+14·16	+22·93	+25·03	+16·08	+19·84
3 . .	+ 8·22	+19·30	+22·24	+12·34	+15·99
4 . .	+ 1·50	+13·30	+17·44	+ 7·05	+10·39
5 . .	— 4·04	+ 7·36	+10·31	+ 0·97	+ 4·00
6 . .	7·13	+ 0·52	+ 2·49	— 4·48	— 2·06
7 . .	— 7·58	— 5·59	— 4·67	— 8·09	— 6·79
8 . .	— 6·33	—10·01	—10·09	— 9·29	— 9·58
9 . .	— 4·86	—12·13	—13·28	— 8·37	—10·45
10 . .	— 4·47	—12·08	—14·63	— 6·38	— 9·89
11 . .	— 5·63	—10·65	—14·01	— 4·67	— 8·86

Auf gleiche Weise wurde aus 13jährigen Beobachtungen des Luftdruckes in Prag der tägliche Gang nach den Jahreszeiten zusammengestellt, woraus man folgende Gleichungen und Änderungszahlen fand:

Tagesgleichung für den Winter:

$$y=329'''854+0'''044\,sin(x.15^\circ+206^\circ 58'4)+0'''093\,sin(2x.15^\circ+142^\circ\ 5'2)$$
$$+0\cdot040\,sin(3x.15\ +171\ 24\cdot3)$$

für den Frühling:

$$y=329'''095+0'''123\,sin(x.15^\circ+180^\circ\ 5'6)+0'''110\,sin(2x.15^\circ+140^\circ 32'5)$$
$$+0\cdot005\,sin(3x.15\ +351\ 24\cdot4)$$

für den Sommer:

$$y=329'''390+0'''176\,sin(x.15^\circ+180^\circ 17'6)+0'''098\,sin(2x.15^\circ+135^\circ 39'6)$$
$$+0\cdot022\,sin(3x.15\ +315\ 11\cdot3)$$

für den Herbst:

$$y=329'''639+0'''074\,sin(x.15^\circ+182^\circ 19'9)+0'''109\,sin(2x.15^\circ+145^\circ 48'9)$$
$$+0\cdot024\,sin(3x.15\ +180\ 28\cdot7)$$

für das Jahr:

$$y=329'''495+0'''103\,sin(x.15^\circ+183^\circ 40'4)+0'''103\,sin(2x.15^\circ+141^\circ 25'1)$$
$$+0\cdot011\,sin(3x.15\ +192\ 55\cdot1)$$

Die hieraus abgeleiteten Zahlen, welche mit Rücksicht auf ihre Zeichen mit dem ersten Gliede der Gleichung vereinigt den stündlichen Luftdruck geben, sind folgende:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Mitternacht . .	+0ʷ071	+0ʷ071	+0ʷ085	+0ʷ065	+0ʷ073
13ʰ . . .	+0·066	+0·048	+0·071	+0·047	+0·058
14 . . .	+0·041	+0·019	+0·047	+0·016	+0·030
15 . . .	0·000	−0·001	+0·033	−0·019	+0·003
16 . . .	−0·043	−0·002	+0·042	−0·044	−0·012
17 . . .	−0·068	+0·020	+0·076	−0·043	−0·005
18 . . .	−0·058	+0·058	+0·123	−0·012	+0·028
19 . . .	−0·013	+0·104	+0·167	+0·046	+0·076
20 . . .	+0·053	+0·146	+0·194	+0·110	+0·126
21 . . .	+0·111	+0·169	+0·194	+0·157	+0·158
22 . . .	+0·135	+0·165	+0·167	+0·167	+0·159
23 . . .	+0·110	+0·130	+0·118	+0·131	+0·122
Mittag	+0·043	−0·069	+0·053	+0·058	+0·055
1ʰ . . .	0·040	−0·011	−0·022	−0·031	−0·027
2 . . .	−0·112	−0·096	−0·100	−0·111	−0·106
3 . . .	−0·148	−0·168	−0·174	−0·161	−0·164
4 . . .	−0·142	−0·217	−0·233	−0·174	−0·192
5 . . .	−0·106	−0·224	−0·265	−0·153	−0·188
6 . . .	−0·057	−0·198	−0·260	−0·111	−0·156
7 . . .	−0·013	−0·142	−0·216	−0·062	−0·107
8 . . .	+0·017	−0·069	−0·141	−0·015	−0·051
9 . . .	+0·036	0·000	−0·053	+0·023	+0·003
10 . . .	+0·050	+0·051	−0·023	+0·051	+0·045
11 . . .	+0·064	+0·071	−0·071	+0·065	+0·070

Um die **Grösse** der stündlichen Änderung zu erfahren, wird man von je zwei nächsten dieser Zahlen die Unterschiede nehmen. Es genügt dies für die Jahresmittel zu thun, da es sich hier nur um die Wendestunden handelt, die in den verschiedenen Jahreszeiten nahezu dieselben bleiben, und aus den oben gegebenen Zahlen selbst leicht erkannt werden können.

Grösse der stündlichen Änderung des Luftdruckes.

	Δ		Δ
von 12ʰ bis 13ʰ	= −0ʷ015	0ʰ bis 1ʰ	= −0ʷ082
13 „ 14	−0·028	1 „ 2	−0·079
14 „ 15	−0·027	2 „ 3	−0·058
15 „ 16	−0·015	3 „ 4	−0·028
16 „ 17	+0·007	4 „ 5	+0·004
17 „ 18	+0·033	5 „ 6	+0·032
18 „ 19	+0·048	6 „ 7	+0·049
19 „ 20	+0·050	7 „ 8	+0·056
20 „ 21	+0·032	8 „ 9	+0·054
21 „ 22	+0·001	9 „ 10	+0·042
22 „ 23	−0·037	10 „ 11	+0·025
23 „	−0·067	11 „ 12	+0·003

Die Wirkung des aufsteigenden Luftstromes ist Abnahme des Luftdruckes. Obige Zahlen zeigen, dass diese Abnahme von 0^h — 1^h und von 1^h — 2^h am raschesten und sehr nahe gleich ist. Das Maximum fällt daher nahezu auf 1^h. Die Jahresmittel der Windstärke geben auch zu derselben Stunde das Maximum der Stärke an. Verfolgt man diese Vergleichung in die einzelnen Jahreszeiten, so sieht man, dass sich beide Maxima im Sommer vom Mittage entfernen, in den übrigen Jahreszeiten aber sich ihm wieder nähern. In den Nachtstunden haben die Zahlen, welche die Windstärke darstellen, durchgehends einen negativen Werth, ein Beweis, dass dieses Element, abgesehen von den Änderungen, welche ausserhalb der täglichen Periode vor sich gehen, bei Nacht stets unter dem Mittelwerthe bleibt. Sollten die verhältnissmässig sehr kleinen Minima, zu denen diese negativen Zahlen in der Nähe der nächtlichen Wendestunden des Luftdruckes gelangen, sich durch eine längere Beobachtungsreihe bewähren, so würden sie beweisen, dass unsere Apparate auch für den secundären Luftstrom nicht ganz unempfindlich sind.

Aus obigen Zusammenstellungen wird man sich auch leicht überzeugen, dass die beiden in Betrachtung gezogenen Elemente nicht nur in Betreff auf die Eintrittszeiten ihres Maximums übereinstimmen, sondern es zeigt sich eine ähnliche Übereinstimmung auch in ihrer Grösse, wenn man dieselbe in verschiedenen Jahreszeiten mit einander vergleicht. Summirt man nämlich die Zahlen der Windstärke für jene Tageszeit, während welcher der aufsteigende Luftstrom thätig ist, nämlich von 18^h bis 5^h, so findet man ohne Rücksicht auf die Zeichen

im Sommer 169·51
„ Winter 105·46, also das Verhältniss = 1·61

Thut man dasselbe bei den Zahlen für den Luftdruck, so erhält man

im Sommer 1·810
„ Winter 1·071, und dass Verhältniss = 1·69.

Demnach ist das Verhältniss der Änderungen vom Sommer zum Winter in beiden Elementen beinahe gleich.

Auch noch von einer andern Seite kann die Frage, ob der aufsteigende Luftstrom einen hervorragenden Antheil an der Erzeugung

der täglichen Barometer-Schwankungen nehme oder nicht, erörtert werden, indem man die Abhängigkeit dieser Schwankungen von dem Grade der Heiterkeit in Betracht zieht. Es ist nämlich nicht zu leugnen, dass eine dichte Wolkenhülle die Wirksamkeit der Sonne, also auch die Erwärmung des Bodens und der mit ihm in Berührung stehenden Luftschichten verhindere, daher die Kraft des aufsteigenden Stromes schwächen und seine Einwirkung auf das Barometer verkleinern müsse. Es wird daher das vormittägige Maximum an trüben Tagen dem nachmittägigen Maximum näher rücken, oder die Änderung während dieser Stunden wird geringer sein als an sonnigen Tagen. Um zu sehen, ob die Beobachtungen mit dieser Behauptung übereinstimmen, wurden fünfjährige Aufzeichnungen in Prag, von 1848 — 1852, benützt, um die Änderungen des Luftdruckes sowohl von 10^h Vormittags bis 4^h Nachmittags, als auch von 4^h Nachmittags bis 11^h Abends zu finden, an trüben wie an heiteren Tagen, indem zu trüben Tagen jene gerechnet wurden, deren Tagesmittel durch die Zahlen 4 (vollkommen trüb) oder 3 ausgedrückt ist, zu den heiteren aber die, welche das Tagesmittel 0 oder 1 haben. Die gefundenen Zahlen sind folgende:

Barometer-Änderung

	an trüben Tagen				an heiteren Tagen			
	Tage	22^h—4^h	11^h—4^h	Summe	Tage	22^h—4^h	11^h—4^h	Summe
Jänner	75	0‴348	0‴172	0‴520	30	0‴421	0‴266	0‴687
Februar	69	0·124	0·265	0·389	30	0·496	—0·013	0·483
März	56	0·235	0·195	0·430	45	0·473	0·178	0·651
April	52	0·216	0·331	0·547	51	0·588	0·258	0·846
Mai	32	0·295	0·479	0·774	64	0·513	0·193	0·706
Juni	35	0·203	0·402	0·605	55	0·544	0·123	0·667
Juli	38	0·166	0·414	0·580	70	0·488	0·141	0·629
August	41	0·242	0·379	0·621	64	0·559	0·270	0·829
September	45	0·361	0·285	0·646	61	0·549	0·067	0·616
October	72	0·327	0·316	0·643	30	0·494	0·056	0·550
November	87	0·166	0·320	0·486	18	0·233	0·257	0·490
December	80	0·123	0·271	0·394	38	0·366	0·154	0·520
Jahr	682	0·234	0·319	0·553	556	0·477	0·163	0·640

Diese Zahlen, namentlich die Jahresmittel beweisen, dass die Abnahme des Luftdruckes von 10^h Vormittags bis 4^h Nachmittags an heiteren Tagen doppelt so gross ist, als an trüben, was ganz der

Annahme entspricht, dass sie vorzugsweise durch den aufsteigenden Luftstrom hervorgebracht sei, indem auch dieser an heiteren Tagen viel stärker sein muss, als an trüben. Das Gegentheil hingegen tritt ein in der Änderung während der Abendstunden von 4^h — 11^h, welche an trüben Tagen doppelt so gross ist als an heiteren, wovon der Grund in dem an sonnigen Tagen stark erwärmten Boden zu suchen ist, der während der Abendstunden, besonders nach Sonnenuntergang, viele Wärme ausstrahlt, dadurch die Luftschichten bis in eine bedeutende Höhe nachhaltig erwärmt und die Bewegung des absteigenden Luftstromes verhindert. Dadurch wird auch die nächste Wirkung desselben, die Zunahme des Luftdruckes in den Abendstunden bis gegen Mitternacht, sehr geschwächt. Diese Verminderung der Zunahme an heiteren Tagen hebt die Vermehrung der Abnahme theilweise auf, und die Summe beider Änderungen von 10^h Vormittags bis 11^h Abends übertrifft an heiteren Tagen nur um 0^v087 jene an trüben Tagen.

Unsere Hypothese wird aber durch die vorliegenden Zahlen noch auf eine zweite Probe gestellt. Sie zeigen nämlich an trüben Tagen für die Abnahme des Luftdruckes einen kaum merklichen jährlichen Gang, und ihr Verhältniss in den sechs Monaten der kalten Jahreszeit zu den sechs Monaten der warmen ist 1 : 1·12, für die Zunahme aber ist dieses Verhältniss viel grösser, nämlich 1 : 1·49. An heiteren Tagen findet das Entgegengesetzte Statt, es sind nämlich diese Verhältnisse für die Abnahme 1 : 1·31, für die Zunahme 1 : 1·17.

Um diese Thatsache zu erklären muss man sich die Grenze vergegenwärtigen, bis zu welcher die auf- und abwärts gerichteten Strömungen reichen, weil davon auch die Grösse ihrer Wirkungen abhängt. Die Grenze ist aber sehr veränderlich, je nachdem die Temperatur sich ändert; sie wird im Sommer viel höher liegen als im Winter, an heiteren Tagen höher als an trüben. Das Steigen der Grenze wird den aufsteigenden Luftstrom verstärken, die Abnahme des Luftdruckes vermehren, das Sinken der Grenze wird das Gegentheil bewirken. Der sinkende Luftstrom und dessen Wirkung wird aber durch das Steigen der Grenze vermindert, durch das Sinken verstärkt, wenigstens für tief liegende Stationen, welche bei tiefer liegender Grenze leichter von seiner Wirkung erreicht werden.

Die Abnahme der Temperatur in Folge der Bewölkung ist im Sommer viel stärker als im Winter, wo an heiteren Tagen gewöhn-

lich die grösste Kälte herrscht, daher wird auch die Grenze des steigenden Stromes im Sommer durch die Wolkenhülle rasch in die Tiefe gesenkt, und seine Wirkung, die Abnahme des Luftdruckes kann daher im Sommer nicht viel grösser sein als im Winter, wo eine solche Verrückung der Grenze nicht stattfindet. Der sinkende Strom hingegen wird durch diesen Umstand mächtig verstärkt, daher die auffallende Zunahme der wachsenden Änderung des Luftdruckes gegen den Sommer hin. An heiteren Tagen muss der aufsteigende Luftstrom also auch das Abnehmen des Luftdruckes im Sommer rasch zunehmen, nicht so der sinkende, da die Grenze immer höher steigt, und mit wachsender Tageslänge die Zeit seiner Dauer abnimmt. Durch diese beiden Umstände muss seine Wirksamkeit auf eine tiefliegende Station das grösstentheils wieder verlieren, was sie sonst durch die zunehmende Kraft des aufsteigenden Stromes gewonnen hätte.

Es ist also weder aus der Vergleichung des Luftdruckes mit der Windstärke noch mit der Heiterkeit, man mag nun den täglichen Gang derselben aus den Jahresmitteln in's Auge fassen, oder die Änderungen, denen er im Laufe des Jahres unterworfen ist, ein Grund aufzufinden, der gegen die Annahme spräche, dass die täglichen Schwankungen desselben unmittelbar von dem auf- und absteigenden Luftstrome hervorgebracht seien, und ich erlaube mir desshalb meine Ansicht, wie sich der Verlauf der Erscheinung in einer tiefer liegenden Station verhalten könne, in Kürze mitzutheilen.

Beim Aufgange der Sonne befindet sich die unterste Luftschichte durch Abkühlung des Bodens in einem verdichteten, und durch das Sinken der höheren Luftschichten in einem gepressten Zustande, dessen Spannung durch die allmähliche Erwärmung des Bodens und der Luft noch erhöht wird, daher der Druck auf das Barometer noch wächst, und zwar so lange, bis der durch die Sonne hervorgebrachte aufsteigende Luftstrom eine solche Stärke erreicht, dass die von ihm verursachte Druckverminderung den von der zunehmenden Wärme erzeugten Zuwachs an Spannung aufwiegt. Dies ist der Augenblick des Maximums, von da an nimmt der Luftdruck ab, und zwar desto rascher, je mächtiger der aufsteigende Strom wird. Desswegen bemerkt man um Mittag oder bald nachher, also gleichzeitig mit dem schnellsten Ansteigen der Luft die rascheste Abnahme ihres Druckes.

Hierauf beginnt zwar der Luftstrom, wenn gleich anfangs unmerklich, abzunehmen, dauert aber noch durch mehrere Stunden fort, sowohl wegen der noch wachsenden Temperatur als auch weil die einmal in aufsteigende Bewegung versetzten Luftmassen diese Richtung wegen ihrer Trägheit noch beibehalten. Erst wenn das Maximum der Wärme erreicht ist, treten alle Bedingungen ein, die zum Minimum des Luftdruckes erfordert werden. Es entsteht in den nach oben bewegten Massen Stillstand, die oberen durch die Bewegung der unteren zusammengepressten Luftschichten fangen an sich auch nach unten auszudehnen, und es folgt nun eine Bewegung nach abwärts, die eine Verdichtung der unteren Schichten und eine Vermehrung des Luftdruckes zur Folge hat, und bald desto rascher wird, je mehr der aufsteigende Strom erschlafft, und die Abkühlung des Bodens wegen Mangel an Sonnenwärme zunimmt.

Dieser durch die erwähnten Ursachen geförderte absteigende Luftstrom wird wieder nach dem Gesetze der Trägheit so lange fortgesetzt, bis die unteren Schichten blos durch ihre Zusammenpressung und vermehrte Spannung Kraft genug finden ihm zu widerstehen und ihn gänzlich aufzuheben. Dies ist der Augenblick des in den späteren Abendstunden eintretenden Maximums, welches nach dieser Ansicht zu seiner Erklärung keiner anderen Kräfte bedarf, als der durch die natürliche Bewegung der Massen erzeugten.

In diesem Zustande ist aber die Atmosphäre wieder nicht im Gleichgewichte, denn durch das Aufhören der Bewegung von oben nach unten gewinnen die unteren zusammengepressten Schichten einen Überschuss an Kraft, der sich darin äussern muss, dass sie die über ihnen lagernden zurückdrängen. Hiedurch entsteht wieder eine nach aufwärts gerichtete wenn gleich viel geringere Bewegung als der vormittägige Luftstrom ist, welche eine Abnahme des Luftdruckes hervorbringen muss, und zu dem Minimum nach Mitternacht führt. Diese Bewegung ist aber nicht im Stande den sinkenden Strom der höheren Schichten durch längere Zeit zu hemmen, zumal da sie nicht durch eine zunehmende Temperatur unterstützt wird, sondern die fortdauernde Abkühlung des Bodens ihr entgegenwirkt. Wird sie nun durch eine grössere Tageslänge auch noch in ihrer Dauer verkürzt, so ist sie ganz unbedeutend; denn so wie die Sonne Morgens sich dem Horizonte nähert und noch ehe sie ihn überschreitet, fängt

schon die Spannung der unteren Luftschichten, somit auch der Druck zu wachsen an, und das Spiel beginnt von neuem.

Nach dieser Anschauungsweise stellt sich die Bewegung des unteren Theiles der Atmosphäre, welche die täglichen Änderungen des Luftdruckes hervorbringt, als die Oscillation einer elastischen Masse zwischen zwei feststehenden horizontalen Wänden dar, von denen die eine der Erdboden ist, die andere aus den höheren Luftschichten besteht, in welche die verticalen Luftströmungen nicht mehr reichen. Die Hypothese lässt sich noch weiter erproben durch Untersuchung des Einflusses, welchen die örtlichen Verhältnisse eines Ortes unbezweifelt darauf haben müssen. Denn da, um nur ein Beispiel zu erwähnen, der am Meeresufer während der Nachtstunden herrschende Landwind schon lange als der Abfluss des absteigenden Luftstromes erkannt worden ist, so sieht man sogleich, dass dort die Nachtänderungen des Druckes geringer sein müssen als in Binnenstationen. Dasselbe ist bei den Tagänderungen der Fall und zwar aus doppeltem Grunde, weil nämlich der flüssige Theil der Umgebung des Ortes weniger erwärmt wird, daher der aufsteigende Strom weniger kräftig ist, und weil die aufgestiegene Luftmasse durch den Seewind rascher ersetzt wird als dies bei Stationen der Fall sein kann, welche tiefer im Lande liegend eines solchen Zuflusses sich in minderem Grade zu erfreuen haben.

Für die Untersuchung dieses Einflusses ist das österreichische Beobachtungsnetz besonders geeignet, da es mehrere Seestationen enthält, und sich über hohe Gebirgsrücken und ausgedehnte Ebenen verbreitet. Und wenn auch an den meisten Orten die Instrumente nur dreimal des Tages abgelesen werden, nämlich um 6^h Morgens, 2^h und 10^h Abends [1]), so liegen doch zwei dieser Stunden nicht ferne vom grössten, eine ganz nahe beim kleinsten Luftdrucke, daher die Änderungen zwischen diesen Stunden zwar nicht für die absolute Grösse derselben im Verlaufe des Tages, aber doch für die Abhängigkeit der Grösse von den örtlichen Verhältnissen massgebend sind. Die Stationen sind nach der Grösse der Änderung geordnet. Bei jenen, für welche, als diese Rechnungen ausgeführt wurden,

---

[1]) Wo statt 6^h und 10^h die Stunden 7^h und 9^h gewählt wurden, sind für die folgenden Zusammenstellungen die Änderungen mittelst der Autographen auf 6^h und 10^h zurückgeführt worden.

schon eine längere Reihe von Beobachtungsjahren vorgelegen ist, sind die Änderungen auch nach den Jahreszeiten, bei den übrigen nach den Jahresmitteln aufgeführt. Der Buchstabe *n* bedeutet die Anzahl der Jahrgänge, welche der Berechnung zu Grunde lagen.

Klagenfurt. 7 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter . . .	$0^{v}301$	$0^{v}229$	$0^{v}530$
Frühling . .	0·416	0·305	0·721
Sommer . .	0·440	0·281	0·721
Herbst . . .	0·366	0·245	0·611
Jahr	0·382	0·265	0·647

Salzburg. 6 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter	$0^{v}101$	$0^{v}248$	$0^{v}349$
Frühling	0·218	0·229	0·447
Sommer	0·289	0·293	0·582
Herbst	0·223	0·231	0·454
Jahr	0·208	0·250	0·458

Kremsmünster. 9 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter . . .	$0^{v}067$	$0^{v}242$	$0^{v}309$
Frühling . .	0·253	0·223	0·476
Sommer . .	0·305	0·222	0·527
Herbst . . .	0·159	0·216	0·375
Jahr	0·196	0·226	0·422

Mailand. 7 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter	$0^{v}106$	$0^{v}207$	$0^{v}313$
Frühling	0·230	0·177	0·407
Sommer	0·274	0·124	0·398
Herbst	0·127	0·162	0·289
Jahr	0·184	0·168	0·352

Prag. 15 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter . . .	$0^{v}051$	$0^{v}200$	$0^{v}251$
Frühling . .	0·157	0·141	0·298
Sommer . .	0·228	0·137	0·365
Herbst . . .	0·102	0·183	0·285
Jahr	0·134	0·165	0·299

Wien. 10 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter	$0^{v}004$	$0^{v}235$	$0^{v}239$
Frühling	0·099	0·169	0·268
Sommer	0·175	0·139	0·314
Herbst	0·075	0·160	0·235
Jahr	0·088	0·176	0·264

Krakau. 9 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter . . .	$0^{v}016$	$0^{v}152$	$0^{v}168$
Frühling . .	0·065	0·116	0·181
Sommer . .	0·116	0·093	0·209
Herbst . . .	0·025	0·150	0·175
Jahr	0·055	0·128	0·183

Triest. 7 Jahre

	18^h—2^h	10^h—2^h	Summe
Winter	$0^{v}101$	$0^{v}151$	$0^{v}252$
Frühling	0·103	0·081	0·184
Sommer	0·101	0·063	0·164
Herbst	0·031	0·102	0·133
Jahr	0·084	0·099	0·183

	Debreczin. 4 Jahre			Venedig. 4 Jahre		
	18h—2h	10h—2h	Summe	18h—2h	10h—2h	Summe
Winter . . .	0ᵛ111	0ᵛ086	0ᵛ197	0ᵛ086	0ᵛ230	0ᵛ316
Frühling . .	0·085	0·076	0·161	— 0·022	— 0·064	— 0·086
Sommer . .	0·068	0·128	0·196	0·097	0·006	0·013
Herbst . . .	0·095	0·073	0·168	0·071	0·085	0·156
Jahr	0·089	0·091	0·180	0·058	0·064	0·122

Aus den Jahresmitteln allein wurden die Änderungen an folgenden Stationen zusammengestellt:

Ort	n	18h—2h	10h—2h	Summe
Meran	3	0ᵛ476	0ᵛ377	0ᵛ853
Tröpolach . .	4	0·345	0·400	0·745
St. Paul . . .	4	0·351	0·340	0·691
Obervellach .	3	0·239	0·227	0·466
Kronstadt . .	7	0·211	0·220	0·431
St. Jakob . .	4	0·122	0·255	0·377
Brünn	9	0·177	0·184	0·361
Alt-Aussee . .	5	0·112	0·212	0·324
Kesmark . . .	3	0·103	0·217	0·320
Zavalje . . .	2	0·135	0·185	0·320
Wallendorf . .	4	0·132	0·182	0·314
Bodenbach . .	5	0·167	0·124	0·291
Hermannstadt	6	0·140	0·145	0·285
Adelsberg . .	5	0·085	0·190	0·275
St. Magdalena	3	0·033	0·229	0·262
Czaslau . . .	4	0·130	0·125	0·255
Leipa	5	0·102	0·150	0·252
Lemberg . .	3	0·113	0·123	0·236
Schössl . . .	7	0·099	0·129	0·228
Czernowitz . .	4	0·110	0·100	0·210
Rzeszow . . .	4	0·035	0·170	0·205
St. Peter . .	3	0·027	0·160	0·187
Senftenberg .	7	0·042	0·13	0·9181
Stanislau . .	4	0·063	0·110	0·173
Plan	3	0·010	0·139	0·149
Ragusa . . .	6	0·061	0·083	0·144
Fünfkirchen .	4	0·078	0·058	0·136
S. Maria . . .	3	—0·007	+0·027	0·020

Die früher ausgesprochene Behauptung, dass die Änderungen an der See geringer seien als in Binnenstationen, findet in dieser Zusammenstellung ihre volle Bestätigung. Vergleicht man Triest mit

den nahe gelegenen Stationen Mailand und Klagenfurt, so findet man die Summe der vormittägigen und nachmittägigen Änderungen an der ersten 0‴183, an der zweiten 0‴352, an der dritten 0‴647, also in Mailand doppelt, in Klagenfurt mehr als dreimal so gross als in Triest, und doch hat Triest offenbar noch keine reine Seelage; denn im Hintergrunde eines langgestreckten Golfes und unmittelbar am Fusse hoher Gebirge gelegen, ist seine Luftströmung noch manchen davon herrührenden Einflüssen unterworfen. Dies ist ohne Zweifel auch die Ursache, dass andere Seestationen in einer freieren Lage noch kleinere Änderungen zeigen. z. B. Ragusa nur 0‴144, Venedig nur 0‴122.

Um im Gegentheil den Einfluss zu erkennen, den Gebirge auf die Änderungen des Luftdruckes in einem an ihrem Fusse gelegenen Orte ausüben, braucht man nur jene Stationen herauszunehmen, welche die grössten Änderungen zeigen. Diese sind Meran mit 0‴853, Tröpolach mit 0‴745, St. Paul mit 0‴691, Klagenfurt mit 0‴647, Obervellach mit 0‴466, Salzburg mit 0‴458, Kronstadt mit 0‴431 und Kremsmünster mit 0‴422, durchgehends Stationen, die im Hochgebirge selbst oder an seinen Ausläufern liegen. Man wird demnach als eine feststehende Thatsache annehmen müssen, dass Gebirge die Änderungen des Luftdruckes an den zwischen ihnen liegenden Orten bedeutend vergrössern. Der Grund hievon ist nicht schwer einzusehen. Jedermann weiss, dass Gebirgsthäler durch die oft senkrecht auf ihre Thalwände auffallenden Strahlen sich ungemein erwärmen, daher einen kräftigen aufsteigenden Luftstrom erzeugen müssen, und dass die mit ihm abfliessende Luft durch seitliche Zuströmungen nicht so leicht ersetzt werden kann, wie in der Ebene oder im Meere. Die dadurch hervorgebrachte Verminderung der Spannung und Abnahme des Luftdruckes muss daher viel bedeutender sein. Der sinkende Luftstrom aber findet, wenn er in die Tiefe kömmt, einen sich durch die Thalwände trichterförmig verengenden Raum, in welchem die Luftschichten mehr zusammengepresst werden, also auch mehr auf das Quecksilber drücken als in einer freieren Gegend.

Aus dem Gesagten kann man aber entnehmen, dass es besonders in Gebirgsgegenden noch viele andere Umstände geben mag, welche auf die besprochene Erscheinung von Einfluss sind, wie die Aufnahms- und Ausstrahlungsfähigkeit des Bodens für Wärme, dessen Bedeckung und Feuchtigkeitsgrad, die Stellung der Thalwände gegen

die Sonne, die Längenrichtung des Thales, die Winde denen es ausgesetzt ist u. s. f. Solchen Einflüssen sind ohne Zweifel viele der scheinbaren Unregelmässigkeiten zuzuschreiben, welche ein aufmerksames Auge noch in obigen Zahlen entdecken wird.

Was bisher über den Einfluss der Gebirge auf die Änderungen des Luftdruckes gesagt wurde, bezog sich auf Orte, die sich an ihrem Fusse, also an der festen Unterlage des Luftoceans befinden, wo sich die Luftmassen nicht mehr nach unten ausdehnen können. Ganz anders muss sich aber die Erscheinung gestalten an Punkten, die hoch über die Thalsohle, auf Abhängen oder Bergrücken liegen. Wenn in der Tiefe wegen des widerstehenden Bodens die Luft abwechselnd verdichtet oder verdünnt wird, findet an hochgelegenen Orten eine Verdünnung nur in geringerem Grade Statt, weil die Bewegung der Luft sowohl nach oben als nach unten mit geringen Hindernissen vor sich gehen kann, ausser wenn sich Strömungen von entgegengesetzter Richtung begegnen. Dafür ist an diesen ein anderer Umstand im Auge zu behalten, nämlich der, dass die über dem Orte befindliche Luftmenge veränderlich ist, und durch den aufsteigenden Strom vermehrt, durch den sinkenden vermindert wird, während im Thale diese Luftmenge bis auf sehr kleine Schwankungen als unveränderlich angenommen werden muss.

Dieser Umstand wirkt offenbar der früher angenommenen Hauptursache der täglichen Barometerschwankung, nämlich dem aufsteigenden Luftstrome entgegen, denn während dieser in den tieferen Stationen eine Verminderung des Druckes hervorruft, bewirkt er in den höheren durch die über denselben aufgehäufte Luftmasse eine Vermehrung. Von der Höhe der Station über der Thalsohle und von der Stärke des aufsteigenden Stromes wird es abhängen, welche von beiden Wirkungen als die vorherrschende angesehen werden muss. Denn es ist sicher, dass dieser nur bis zu einer gewissen Höhengrenze reicht, und dass eine Station, welche in der Nähe dieser Grenze liegt, keinen Einfluss mehr verspüren wird von der ersten Wirkung des Stromes, nämlich von der Verminderung des Druckes, welche er in der Tiefe hervorbringt. Desto stärker aber wird die zweite Wirkung, die Anhäufung der Luftmassen in der Höhe sich fühlbar machen, und ein Steigen des Luftdruckes in jenen Stunden hervorbringen, in denen man in der Tiefe ein Fallen beobachtet, nämlich in den Vormittagsstunden. Dies zeigt sich auch ganz deut-

lich in den S. 15 angeführten Bergstationen; denn in St. Magdalena bei 480 Toisen Seehöhe ist die vormittägige Änderung von 18^h bis 2^h noch 0‴033, in St. Peter (628 T.) ist sie 0‴027, in Plan (835 T.) ist sie nur mehr 0‴010, und in S. Maria (1269 T.) wird sie negativ, nämlich — 0‴007. Die nachmittägige Änderung (von 2^h — 10^h) ist zwar bei allen diesen Stationen vielmal grösser als die vormittägige, nimmt aber ebenfalls mit der Höhe rasch ab, nämlich von 0‴229 auf 0‴160, 0‴139 — 0‴027, was sich aus der zunehmenden Verdünnung der Luft und der abnehmenden Kraft des Stromes leicht erklärt.

Man muss jedoch hiebei bemerken, dass aus den oben angeführten Daten die Erscheinung nicht in ihrer ganzen Ausdehnung erkannt werden kann, da an den genannten Orten nur dreimal des Tages und nicht strenge zur Zeit des Maximum und Minimum beobachtet wird, daher die wahren Extreme noch andere Ergebnisse liefern können, wie sich auch sogleich zeigen wird.

Um nämlich zu sehen, wie sie sich an einem Punkte darstelle, wo die Änderungen durch öfter angestellte Beobachtungen schärfer verfolgt werden, dienen folgende Zahlen, welche die Ergebnisse sechsjähriger Beobachtungen von 1851 — 1856 über den Stand des Barometers in Genf und auf St. Bernhard aus Plantamour's „Résumés météorologiques" darstellen. Die Zahlen sind die Abweichungen von dem darüber stehenden Mittel und geben zu diesem mit Berücksichtigung ihres Zeichens hinzugefügt, den Luftdruck von zwei zu zwei Stunden.

Genf. Mittel 321‴766				St. Bernhard. Mittel 249‴780			
Mitternacht	+0‴066	Mittag	+0‴056	Mitternacht	+0‴054	Mittag	+0‴029
14^h	−0·039	2^h	−0·169	14^h	−0·081	2^h	−0·016
16	−0·042	4	−0·235	16	−0·160	4	−0·012
18	+0·053	6	−0·158	18	−0·129	6	+0·039
20	+0·168	8	+0·014	20	+0·026	8	+0·109
22	+0·175	10	+0·105	22	+0·058	10	+0·144

Die aus diesen Zahlen gerechneten Gleichungen und Extreme sind folgende:

Für Genf:
$$y = 321'''766 + 0'''103 \sin(x.30^\circ + 187^\circ 36') + 0\cdot147 \sin(2x.30 + 159\ 15) + 0\cdot005 \sin(3x.30 + 69\ 27)$$

für St. Bernhard:
$$y = 249'''780 + 0\cdot082 \sin(x.30 + 355\ 43) + 0\cdot092 \sin(2x.30 + 150\ 38) + 0\cdot007 \sin(3x.30 + 246\ 2)$$

Genf.	St. Bernhard.
Um 15ʰ12′ erstes Minimum = —0‴053	Um 16ʰ25′ erstes Minimum = —0‴168
„ 21 5 „ Maximum = +0·195	„ 22 32 „ Maximum = +0·052
„ 4 14 zweites Minimum = —0·241	„ 3 8 zweites Minimum = —0·025
„ 10 17 „ Maximum = +0·108	„ 9 29 „ Maximum = +0·139

Aus der Gleichung für Genf findet man den Unterschied zwischen dem ersten Maximum und dem zweiten Minimum oder

die Tagesänderung = 0‴436 = T, die Nachtänderung = 0‴161 = N,
also $T : N = 2·71$.

Verwendet man aber hiezu die Zahlen, aus denen die Gleichung entstanden ist, so gibt ihre Summe ohne Rücksicht auf Zeichen

T = 0‴856, N = 0‴424, also $T : N = 2·02$.

Aus der Gleichung für St. Bernhard wird

T = 0‴077, N = 0‴307, also $T : N = 0·25$.

Die Zahlen aber geben

T = 0‴270, N = 0‴587, also $T : N = 0·46$.

Die Summe der Änderungen auf 24 Stunden zurückgeführt wird

für Genf = 2‴560
„ St. Bernhard = 1·714

und somit

Genf : St. Bernhard = 1·5 : 1.

Dieses Verhältniss ist aber sehr verschieden, je nachdem man die Änderung während des Tages oder der Nacht betrachtet. Bei Tage ist es $\frac{856}{270} = 3·17$, bei Nacht aber $\frac{424}{587} = 0·72$. Die Änderung über Tag sinkt also in der Höhe auf den dritten Theil herab, jene über Nacht aber steigert sich um den vierten Theil. Aus den Gleichungen werden diese Zahlen 5·67 und 0·52.

Diese Thatsache findet ebenfalls in der aufgestellten Hypothese eine ungezwungene Erklärung. In der Tiefe werden, wie bekannt, die Änderungen des Luftdruckes während der Tagesstunden blos durch die Erwärmung des Bodens und der über ihn gelagerten Luft hervorgebracht; denn dadurch gelangt diese zu einer Spannung, welche das Quecksilber auf seinen höchsten Stand treibt; dadurch wird aber auch der Luftstrom vorbereitet, der, wie das Ventil eines Dampfkessels, der gepressten Luft einen Ausweg verschafft, und

dadurch den Druck vermindert. Die genannte Ursache wirkt aber in einer Höhe von mehr als 1600 Toisen sehr schwach, sowohl weil die Erwärmung des Bodens und der Luft dort überhaupt viel geringer ist, als auch weil die gepresste Luft leichter entweichen kann als im Thale, daher auch ihre nächsten Folgen, nämlich die Änderungen des Luftdruckes während des Tages nur gering sein können. Die weiteren Folgen aber, das Steigen und Sinken der Luftmassen, machen sich verhältnissmässig desto fühlbarer, und da ihre Wirksamkeit, namentlich das Sinken in die Nachtstunden fällt, so wird die Nachtänderung um so viel grösser.

Da auf dem St. Bernhard die Tagesänderung zwischen 10^h Vormittags und 3^h Nachmittags noch merklich ist ($0'''077$) und in demselben Sinne vor sich geht, wie in der Tiefe, so scheint auf den ersten Anblick ein Widerspruch zu sein, zwischen diesem Ergebnisse und jenem in S. Maria, einer Station auf gleicher Höhe mit S. Bernhard, denn dort fand man sie negativ und verschwindend, nämlich $-0'''007$. Allein um diese beiden Stationen zu vergleichen, muss man auch für S. Bernhard die Beobachtungsstunden 18^h, 2^h, 10^h wählen, weil in S. Maria zu diesen Stunden beobachtet wurde. Aus ihnen findet man die vormittägige Änderung $(18^h - 2^h) = -0'''113$, also auch negativ und grösser als in S. Maria, die nachmittägige $(10^h - 2^h) = +0'''160$ positiv wie in S. Maria, aber ebenfalls grösser, was auf eine grössere Thätigkeit des Luftstromes schliessen lässt, die ihren Grund in der örtlichen Beschaffenheit der Umgebung und namentlich in der grösseren Nähe der lombardischen Ebene haben kann.

Die grosse Verschiedenheit, welche sich im Verlaufe der Erscheinung in der Höhe und Tiefe schon aus den Jahresmitteln ergab, liess erwarten, dass diese Untersuchung, auf die einzelnen Monate ausgedehnt, manche Thatsache zu Tage fördern würde, welche noch mehr Licht gewähren und eine neue Probe für die aufgestellte Hypothese sein könnte. Es wurden daher die Monatgleichungen für Prag entwickelt, weil man erwarten durfte, dass die dort ausgeführte dreizehnjährige Beobachtungsreihe lang genug sei, um auch für die Monate verlässliche Ergebnisse zu liefern, und dass der Einfluss des Hochgebirges dort sich weniger erkennbar darstellen würde als in Genf. Eben so wurden diese Gleichungen für St. Bernhard gerechnet, in der Hoffnung, dass die dortige, wenn gleich viel

kürzere Beobachtungsreihe doch über die Art, wie die Erscheinung in den verschiedenen Jahreszeiten in der Höhe auftritt, sichere Schlüsse gestatten würde.

Monatgleichungen für Prag. — **Monatgleichungen für St. Bernhard.**

Jänner.

$$\begin{aligned} y = 330^{\prime\prime\prime}088 &+ 0{\cdot}079 \sin(x.15^\circ + 183^\circ 12') \\ &+ 0{\cdot}087 \sin(2x.15 + 104\ 46) \\ &+ 0{\cdot}047 \sin(3x.15 + 174\ 9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 248^{\prime\prime\prime}645 &+ 0{\cdot}049 \sin(x.30^\circ + 28^\circ\ 2') \\ &+ 0{\cdot}114 \sin(2x.30 + 171\ 19) \\ &+ 0{\cdot}024 \sin(3x.30 + 206\ 47) \end{aligned}$$

Februar.

$$\begin{aligned} y = 328^{\prime\prime\prime}854 &+ 0{\cdot}044 \sin(x.15^\circ + 274^\circ 20') \\ &+ 0{\cdot}100 \sin(2x.15 + 143\ 51) \\ &+ 0{\cdot}032 \sin(3x.15 + 155\ 44) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 247^{\prime\prime\prime}519 &+ 0{\cdot}068 \sin(x.30^\circ + 14^\circ 46') \\ &+ 0{\cdot}102 \sin(2x.30 + 163\ 31) \\ &+ 0{\cdot}011 \sin(3x.30 + 194\ 10) \end{aligned}$$

März.

$$\begin{aligned} y = 329^{\prime\prime\prime}561 &+ 0{\cdot}059 \sin(x.15^\circ + 176^\circ 53') \\ &+ 0{\cdot}109 \sin(2x.15 + 138\ 38) \\ &+ 0{\cdot}019 \sin(3x{\cdot}15 + 119\ 26) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 248^{\prime\prime\prime}286 &+ 0{\cdot}088 \sin(x.30^\circ + 348^\circ 44') \\ &+ 0{\cdot}096 \sin(2x.30 + 151\ 27) \\ &+ 0{\cdot}006 \sin(3x.30 + 153\ 0) \end{aligned}$$

April.

$$\begin{aligned} y = 328^{\prime\prime\prime}670 &+ 0{\cdot}139 \sin(x.15^\circ + 180^\circ\ 5') \\ &+ 0{\cdot}112 \sin(2x.15 + 139\ 51) \\ &+ 0{\cdot}008 \sin(3x.15 + 318\ 44) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 248^{\prime\prime\prime}946 &+ 0{\cdot}095 \sin(x{\cdot}30^\circ + 353^\circ 57') \\ &+ 0{\cdot}094 \sin(2x.30 + 142\ 7) \\ &+ 0{\cdot}006 \sin(3x.30 + 9\ 28) \end{aligned}$$

Mai.

$$\begin{aligned} y = 329^{\prime\prime\prime}055 &+ 0{\cdot}173 \sin(x.15^\circ + 181^\circ 15') \\ &+ 0{\cdot}108 \sin(2x.15 + 143\ 10) \\ &+ 0{\cdot}022 \sin(3x{\cdot}15 + 321\ 20) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 249^{\prime\prime\prime}279 &+ 0{\cdot}128 \sin(x.30^\circ + 344^\circ\ 7') \\ &+ 0{\cdot}082 \sin(2x.30 + 127\ 51) \\ &+ 0{\cdot}016 \sin(3x.30 + 315\ 15) \end{aligned}$$

Juni.

$$\begin{aligned} y = 329^{\prime\prime\prime}187 &+ 0{\cdot}188 \sin(x.15^\circ + 179^\circ 11') \\ &+ 0{\cdot}093 \sin(2x.15 + 128\ 9) \\ &+ 0{\cdot}023 \sin(3x.15 + 300\ 3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 251^{\prime\prime\prime}315 &+ 0{\cdot}119 \sin(x.30^\circ + 348^\circ 33') \\ &+ 0{\cdot}082 \sin(2x{\cdot}30 + 139\ 23) \\ &+ 0{\cdot}014 \sin(3x.30 + 307\ 12) \end{aligned}$$

Juli.

$$\begin{aligned} y = 329^{\prime\prime\prime}414 &+ 0{\cdot}172 \sin(x.15^\circ + 182^\circ 48') \\ &+ 0{\cdot}093 \sin(2x{\cdot}15 + 134\ 44) \\ &+ 0{\cdot}028 \sin(3x.15 + 311\ 34) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = 251^{\prime\prime\prime}903 &+ 0{\cdot}097 \sin(x.30^\circ + 339^\circ\ 8') \\ &+ 0{\cdot}074 \sin(2x.30 + 131\ 58) \\ &+ 0{\cdot}014 \sin(3x.30 + 325\ 23) \end{aligned}$$

August.

$$y = 329'''570 + \\ + 0\cdot168 \sin(x.15^\circ + 179^\circ\ 3') \\ + 0\cdot111 \sin(2x.15 + 142\ 52) \\ + 0\cdot019 \sin(3x.15 + 343\ 58)$$

$$y = 251'''165 + \\ + 0\cdot087 \sin(x.30^\circ + 339^\circ 15') \\ + 0\cdot078 \sin(2x.30 + 136\ 12) \\ + 0\cdot007 \sin(3x.30 + 310\ 31)$$

September.

$$y = 330'''119 + \\ + 0\cdot142 \sin(x.15^\circ + 181^\circ 32') \\ + 0\cdot109 \sin(2x.15 + 137\ 47) \\ + 0\cdot014 \sin(3x.15 + 185\ 54)$$

$$y = 251'''349 + \\ + 0\cdot086 \sin(x.30^\circ + 349^\circ 48') \\ + 0\cdot091 \sin(2x\cdot30 + 146\ 55) \\ + 0\cdot004 \sin(3x.30 + 298\ 24)$$

October.

$$y = 329'''292 + \\ + 0\cdot081 \sin(x.15^\circ + 172^\circ\ 9') \\ + 0\cdot128 \sin(2x.15 + 149\ 50) \\ + 0\cdot025 \sin(3x.15 + 175\ 16)$$

$$y = 250'''626 + \\ + 0\cdot084 \sin(x.30^\circ + 8^\circ 53') \\ + 0\cdot110 \sin(2x.30 + 157\ 3) \\ + 0\cdot014 \sin(3x.30 + 237\ 44)$$

November.

$$y = 329'''505 + \\ + 0\cdot016 \sin(x.15^\circ + 275^\circ 48') \\ + 0\cdot101 \sin(2x.15 + 152\ 31) \\ + 0\cdot033 \sin(3x\cdot15 + 182\ 25)$$

$$y = 248'''312 + \\ + 0\cdot059 \sin(x.30^\circ + 46^\circ 43') \\ + 0\cdot103 \sin(2x.30 + 164\ 6) \\ + 0\cdot014 \sin(3x.30 + 223\ 34)$$

December.

$$y = 330'''621 + \\ + 0\cdot043 \sin(x.15^\circ + 196^\circ\ 1') \\ + 0\cdot094 \sin(2x.15 + 141\ 32) \\ + 0\cdot047 \sin(3x.15 + 205\ 36)$$

$$y = 248'''939 + \\ + 0\cdot067 \sin(x.30^\circ + 1^\circ 42') \\ + 0\cdot113 \sin(2x.30 + 163\ 27) \\ + 0\cdot022 \sin(3x.30 + 202\ 20)$$

Die aus diesen Gleichungen gefundenen Wendungen wurden in den folgenden Zahlenreihen zusammengestellt, welche nach den Nacht- und Tagwendungen abgetheilt sind. Die Nachtwendungen begreifen das Maximum in den späteren Abendstunden (1. Maximum) und das Minimum in den früheren Morgenstunden; die Tagwendungen das Vormittägige (das zweite) Maximum und das nachmittägige (das zweite) Minimum. Die Stunden sind von Mitternacht an gezählt, so dass 1 Uhr Morgens mit 13ʰ und 1 Uhr Nachmittags mit 1ʰ bezeichnet wird.

Zeit der Nachtwendungen.

	Prag.			St. Bernhard.		
	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.
Jänner . . .	13ʰ 9'	17ʰ 13'	4 St. 4'	9ʰ 6'	15ʰ 53'	6 St. 47'
Februar . .	10 0	17 24	7 24	8 52	16 1	7 9

	Prag.			St. Bernhard.		
	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.
März	10h 34'	16h 31'	5St. 57'	9h 16'	16h 36'	7St. 20'
April . . .	11 30	15 31	4 1	9 34	16 34	7 0
Mai	11 33	15 1	3 28	10 3	16 58	6 55
Juni	12 21	15 20	2 59	9 48	16 38	6 50
Juli	11 52	15 13	3 21	10 4	16 53	6 49
August . . .	11 23	15 27	4 4	9 59	16 52	6 53
September .	12 15	16 14	3 59	9 36	16 20	6 44
October . .	10 56	16 13	5 17	9 24	16 11	6 47
November .	9 58	16 49	6 51	8 58	15 44	6 46
December .	11 0	16 53	5 53	8 52	16 16	7 24
Jahr	11 23	16 14	4 42	9 28	16 25	6 57

Zeit der Tagwendungen.

	2. Maxim.	2. Minim.	Untersch.	2. Maxim.	2. Minim.	Untersch.
Jänner . . .	21h 50'	3h 26'	5St. 36'	21h 36'	2h 38'	5St. 2'
Februar . .	22 16	3 18	5 2	22 5	2 58	4 53
März	22 17	4 18	6 1	22 43	3 8	4 25
April . . .	21 12	4 53	7 41	23 26	3 50	4 24
Mai	20 29	4 48	8 19	—	—	—
Juni	20 31	5 39	9 8	1 18	3 29	2 11
Juli	20 16	5 31	9 15	0 54	4 6	3 12
August . . .	20 40	5 3	8 23	23 31	3 40	4 9
September .	21 28	4 32	7 4	22 53	3 29	4 36
October . .	21 47	3 51	6 4	22 6	2 56	4 50
November . .	21 53	3 3	5 10	21 50	3 8	5 18
December . .	21 38	3 1	5 23	21 54	2 40	4 46
Jahr	21 21	4 17	6 55	22 56	3 17	4 21

Grösse der Nachtwendungen.

	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.
Jänner . . .	+0‴069	−0‴035	0‴104	+0‴104	−0‴167	0‴271
Februar . . .	+0·109	−0·099	0·208	+0·122	−0·168	0·290
März	+0·069	−0·045	0·114	+0·156	−0·165	0·321
April	+0·081	+0·001	0·080	+0·157	−0·174	0·331
Mai	+0·085	+0·018	0·067	+0·180	−0·191	0·362
Juni	+0·092	+0·050	0·042	+0·169	−0·188	6·351
Juli	+0·095	+0·034	0·061	+0·157	−0·149	0·324
August . . .	+0·075	+0·016	0·059	+0·148	−0·149	0·297
September . .	+0·079	+0·017	0·062	+0·151	−0·166	0·317
October . . .	+0·060	−0·062	0·122	+0·136	−0·200	0·336
November . .	+0·083	−0·108	0·191	+0·083	−0·166	0·249
December . .	+0·073	−0·090	0·163	+0·141	−0·178	0·319
Jahr . . .	+0·081	−0·025	0·106	+0·142	−0·172	0·314

	Prag.			St. Bernhard.		
	Grösse der Tagwendungen.					
	2. Maxim.	2. Minim.	Untersch.	2. Maxim.	2. Minim.	Untersch.
Jänner . . .	$+0^{v}168$	$-0^{v}166$	$0^{v}334$	$+0^{v}128$	$-0^{v}076$	$0^{v}204$
Februar . . .	+0·091	−0·142	0·233	+0·093	−0·045	0·138
März	+0·169	−0·175	0·344	+0·049	−0·040	0·089
April	+0·184	−0·241	0·425	+0·050	−0·018	0·065
Mai	+0·206	−0·268	0·474	—	—	—
Juni	+0·202	−0·275	0·477	+0·020	+0·018	0·002
Juli	+0·191	−0·260	0·451	+0·015	−0·001	0·016
August . . .	+0·201	−0·274	0·475	+0·018	−0·015	0·033
September . .	+0·193	−0·235	0·428	+0·041	−0·025	0·066
October . . .	+0·205	−0·195	0·400	+0·088	−0·034	0·122
November . .	+0·119	−0·122	0·241	+0·129	−0·041	0·170
December . .	+0·151	−0·127	0·278	+0·099	−0·069	0·168
Jahr	+0·173	−0·207	0·380	+0·066	−0·031	0·097

Wenn man zuerst diese Zahlenreihen für Prag einer aufmerksamen Betrachtung unterzieht, so drängen sich sogleich manche Bemerkungen auf. Sie zeigen einen entweder der Tageslänge oder der Temperatur so ziemlich parallelen Gang, der aber von diesen beiden Entstehungsursachen darin abweicht, dass die Wendungen meistens im Februar und November eintreten, während sie in Folge der Tageslänge im December und Juni, in Folge der Temperatur im Jänner und Juli eintreten sollten. In den Zahlen der Unterschiede, welche den Gang viel schärfer darstellen, geschieht dies ohne Ausnahme. Die beiden zwischenliegenden Wintermonate December und Jänner zeigen oft sehr bedeutende Abweichungen, so ist die Eintrittszeit des ersten Maximums im Jänner um 2 Stunden grösser als jene im December und um 3 Stunden grösser als jene des Februar; auch der Monat September zeigt im Vergleich zu seinen Nachbarmonaten eine verspätete Eintrittszeit sowohl bei dem ersten Maximum als dem ersten Minimum. Das auffallende Ergebniss, dass die Wendungen an zwei Monaten eintreten, welche bisher weder in der Astronomie noch Meteorologie eine Rolle spielten, und die das Jahr in zwei so ungleiche Theile spalten, dass der eine neun, der andere drei Monate enthält, schien mir nicht als begründete Thatsache annehmbar, ohne es einer strengeren Untersuchung zu unterwerfen, um so mehr da sich noch andere Abweichungen zeigten, die vielleicht den Beobachtungen von Prag eigen sein und an einer anderen Station verschwinden konnten. Ich berechnete daher aus zehnjährigen Beobach-

tungen von Kremsmünster, welche mit Ausnahme von 12^h und 14^h zu allen geraden Stunden ausgeführt werden, die Tagesgleichungen für die einzelnen Monate und wählte diese Station nicht nur wegen der Verlässlichkeit ihrer Angaben, sondern auch wegen der Verschiedenheit mehrerer örtlichen und anderer Umstände mit denen von Prag. Denn der Ort liegt am Abhange eines nicht sehr weiten Thales in den Ausläufern des Hochgebirges, während Prag in einem weiten Thale, das nur von Hügeln begrenzt wird, in grosser Entfernung von höheren Gebirgen gelegen ist. Hier werden die meisten Beobachtungsstunden nach den Zeichnungen des Autographen ausgefüllt, während in Kremsmünster kein solcher Apparat besteht. Nur die beiden fehlenden Nachtstunden ergänzte ich nach den Angaben der nächsten Autographen-Stationen.

Monatgleichungen für Kremsmünster.

Jänner.

$$\begin{aligned} y = 323'''124 &+ 0{\cdot}058 \sin(\;x.30^\circ + 193^\circ 26') \\ &+ 0{\cdot}119 \sin(2x.30 \;+ 151\;\;12\;) \\ &+ 0{\cdot}048 \sin(3x.30 \;+ 188\;\;56\;) \end{aligned}$$

Februar.

$$\begin{aligned} y = 322'''102 &+ 0{\cdot}048 \sin(\;x.30^\circ + 280^\circ 55') \\ &+ 0{\cdot}110 \sin(2x.30 \;+ 148\;\;56\;) \\ &+ 0{\cdot}032 \sin(3x.30 \;+ 155\;\;11\;) \end{aligned}$$

März.

$$\begin{aligned} y = 322'''465 &+ 0{\cdot}095 \sin(\;x.30^\circ + 182^\circ 18') \\ &+ 0{\cdot}135 \sin(2x.30 \;+ 141\;\;49\;) \\ &+ 0{\cdot}023 \sin(3x.30 \;+ 156\;\;36\;) \end{aligned}$$

April.

$$\begin{aligned} y = 321'''337 &+ 0{\cdot}177 \sin(\;x.30^\circ + 182^\circ\;\;8') \\ &+ 0{\cdot}130 \sin(2x.30 \;+ 151\;\;16\;) \\ &+ 0{\cdot}009 \sin(3x.30 \;+ 151\;\;\;8\;) \end{aligned}$$

Mai.

$$\begin{aligned} y = 322'''102 &+ 0{\cdot}214 \sin(\;x.30' + 184^\circ 16') \\ &+ 0{\cdot}122 \sin(2x.30 \;+ 143\;\;36\;) \\ &+ 0{\cdot}015 \sin(3x.30 \;+ 328\;\;58\;) \end{aligned}$$

Juni

$$\begin{aligned} y = 322'''598 &+ 0{\cdot}229 \sin(\;x.30^\circ + 191^\circ\;\;8') \\ &+ 0{\cdot}112 \sin(2x.30 \;+ 137\;\;32\;) \\ &+ 0{\cdot}017 \sin(3x.30 \;+ 298\;\;33\;) \end{aligned}$$

Juli.

$$y = 323'''042 + 0{\cdot}225 \sin(\;x.30^\circ + 189^\circ\ 3')$$
$$+ 0{\cdot}111 \sin(2x.30 + 128\ \ 4\ )$$
$$+ 0{\cdot}024 \sin(3x.30 + 309\ 54\ )$$

August.

$$y = 323'''015 + 0{\cdot}161 \sin(\;x.30^\circ + 179^\circ\ 0')$$
$$+ 0{\cdot}117 \sin(2x.30 + 144\ \ 5\ )$$
$$+ 0{\cdot}005 \sin(3x.30 + \ 30\ 10\ )$$

September.

$$y = 323'''386 + 0{\cdot}138 \sin(\;x.30^\circ + 176^\circ 36')$$
$$+ 0{\cdot}117 \sin(2x.30 + 134\ 24\ )$$
$$+ 0{\cdot}013 \sin(3x{\cdot}30 + 167\ 37\ )$$

October.

$$y = 322'''337 + 0{\cdot}132 \sin(\;x.30^\circ + 174^\circ\ 8')$$
$$+ 0{\cdot}133 \sin(2x.30 + 154\ 48\ )$$
$$+ 0{\cdot}021 \sin(3x.30 + 148\ 19\ )$$

November.

$$y = 322'''769 + 0{\cdot}012 \sin(\;x.30^\circ + 288^\circ 54')$$
$$+ 0{\cdot}128 \sin(2x.30 + 152\ 43\ )$$
$$+ 0{\cdot}024 \sin(3x.40 + 209\ 55\ )$$

December.

$$y = 323'''229 + 0{\cdot}019 \sin(\;x.30^\circ + 158^\circ\ 2')$$
$$+ 0{\cdot}124 \sin(2x.30 + 158\ 33\ )$$
$$+ 0{\cdot}042 \sin(3x.30 + 179\ 19\ )$$

Jahresgleichung.

$$y = 322'''629 + 0{\cdot}119 \sin(\;x.30^\circ + 185^\circ 44')$$
$$+ 0{\cdot}119 \sin(2x.30 + 146\ 33\ )$$
$$+ 0{\cdot}013 \sin(3x.30 + 183\ 26\ )$$

Aus diesen Gleichungen wurden folgende Zahlen für die Zeit und Grösse der Wendungen abgeleitet:

Kremsmünster.

	Zeit der Nachtwendungen.			Zeit der Tagwendungen.		
	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.	2. Maxim.	2. Minim.	Untersch.
Jänner . . .	11ʰ52'	16ʰ46'	4St.54'	21ʰ40'	3ʰ10'	5St.30'
Februar . . .	9 40	17 14	7 34	22 7	3 14	5 7
März	11 12	16 34	5 22	21 54	4 7	6 13
April	11 36	15 12	3 36	21 7	4 17	7 10
Mai	11 48	14 58	3 10	20 34	4 55	8 21
Juni	12 19	15 28	3 9	20 19	4 58	8 39
Juli	12 18	15 35	3 17	20 18	5 22	9 4

	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.
August . . .	11ʰ24'	15ʰ 6'	3St.42'	20ʰ 4'	4ʰ43'	8St.39'
September . .	12 11	16 22	4 11	21 43	4 43	7 0
October . . .	10 48	16 0	5 12	21 30	4 1	6 31
November . .	10 17	16 24	6 7	21 43	3 18	5 35
December . .	9 12	16 31	7 19	21 48	3 6	5 18
Jahr	11 13	16 1	4 48	21 14	4 10	6 56

	Grösse der Nachtwendungen.			Grösse der Tagwendungen.		
	1. Maxim.	1. Minim.	Untersch.	2. Maxim.	2. Minim.	Untersch.
Jänner	+0'''078	—0'''084	0'''162	+0'''187	—0'''183	0'''370
Februar . . .	+0·142	—0·114	0·256	+0·118	—0·153	0·271
März	+0·083	—0·045	0·128	+0·199	—0·241	0·440
April	+0·067	+0·024	0·043	+0·237	—0·292	0·529
Mai	+0·098	+0·049	0·049	+0·239	—0·327	0·566
Juni	+0·136	+0·089	0·047	+0·222	—0·331	0·553
Juli	+0·142	+0·086	0·056	+0·210	—0·335	0·545
August . . .	+0·067	+0·015	0·052	+0·206	—0·268	0·474
September . .	+0·064	+0·004	0·060	+0·226	—0·239	0·465
October . . .	+0·044	—0·014	0·058	+0·239	—0·250	0·489
November . . .	+0·120	—0·140	0·260	+0·139	—0·143	0·282
December . . .	+0·069	—0·116	0·185	+0·180	—0·163	0·343
Jahr	+0·092	—0·021	0·113	+0·200	—0·244	0·444

Aus diesen Zahlen, namentlich aus jenen der Grösse der Wendungen ersieht man, dass auch in Kremsmünster der Februar und November die beiden Monate sind, auf welche die grössten Nacht- und die kleinsten Tagwendungen fallen [1]). Auch die früher angedeuteten Unregelmässigkeiten in den Eintrittszeiten der Nachtwendungen zeigen sich wieder, nämlich die auffallende Verspätung in den Monaten Jänner und September. Beide Thatsachen können also nicht in örtlichen Verhältnissen ihren Grund haben, sondern müssen tiefer begründet sein.

Da es zweifelhaft ist, ob dieser Grund überhaupt in das Bereich derjenigen Kräfte gehöre, welche die täglichen Änderungen hervorbringen, und nicht vielleicht im Gebiete jener zu suchen sei, denen die jährlichen Schwankungen ihren Ursprung verdanken, so kann hier nur der Versuch gemacht werden, die Erscheinung selbst so genau als möglich kennen zu lernen, und zu untersuchen, ob in den

[1]) Aus dem S. 121 angeführten Briefe des Herrn Lamont ersah ich nachträglich, dass auch in München die beiden Monate Februar und November ausgesprochene Wendemonate sind, welcher Umstand jedoch dort nicht erwähnt wird.

Wintermonaten zwischen November und Februar sich wirklich eine Wendung vorfinde, als entsprechend der gleichnamigen Wendung am Anfange des Sommers, oder ob dies nicht der Fall sei.

Zu diesem Zwecke wurde aus den oben gegebenen Eintrittszeiten des ersten um Mitternacht eintretenden Maximums in Prag die Jahresgleichung, und daraus die wahrscheinlichsten Werthe dieser Zeiten und ihre Wendungen entwickelt. Die Gleichung ist:

$$y = 11^{\text{v}}377 + 0{\cdot}459 \sin(x.30^\circ + 279^\circ 47') + 0{\cdot}471 \sin(2x.30 + 99\ 39) + 0{\cdot}764 \sin(3x.30 + 97\ 31)$$

Daraus folgen die Eintrittszeiten:

im Jänner	um	$12^h\ 9'$	im Juli	um	$11^h 32'$
„ Februar	„	11 5	„ August	„	12 0
„ März	„	10 10	„ September	„	12 0
„ April	„	11 5	„ October	„	10 44
„ Mai	„	12 16	„ November	„	10 10
„ Juni	„	12 4	„ December	„	11 21

aus welchen sich wirklich ein Maximum im Jänner und ein zweites im Mai ergibt. Als genauere Epochen dieser Wendungen erhält man:

das 1. Maximum = $12^h\ 9'$ am 13. Jänner,
„ 1. Minimum = 10 10 „ 16. März,
„ 2. Maximum = 12 20 „ 25. Mai,
„ 2. Minimum = 10 7 „ 20. November.

Die Zahlen des ersten Minimums geben die Gleichung:

$$y = 16^{\text{v}}152 + 1{\cdot}057 \sin(x.30^\circ + 106^\circ 33') + 0{\cdot}273 \sin(2x.30 + 34\ 51) + 0{\cdot}184 \sin(3x.30 + 355\ 19)$$

Die Eintrittszeiten werden:

im Jänner	um	$17^h 18'$	im Juli	um	$15^h 19'$
„ Februar	„	17 20	„ August	„	15 31
„ März	„	16 2	„ September	„	16 30
„ April	„	15 30	„ October	„	16 29
„ Mai	„	15 6	„ November	„	16 40
„ Juni	„	15 11	„ December	„	16 53

In diesen Zeiten kann man nur zwei Wendungen erkennen, für welche die Gleichung folgende Epochen gibt:

das Maximum = $17^h 17'$ fällt auf den 2. Februar,
„ Minimum = 15 6 „ „ „ 20. Mai.

Die Eintritte im September und October sind jedoch so wenig verschieden, dass sie eine Art von Stillstand andeuten.

Für das zweite (vormittägige) Maximum erhält man die Gleichung:

$$
\begin{aligned}
y = 21^{'''}357 &+ 0\cdot 847 \sin(\ x.30^\circ + \ 99^\circ 35') \\
&+ 0\cdot 391 \sin(2x.30 \ + 323\ 38\ ) \\
&+ 0.208 \sin(3x.30 \ + 328\ 45\ )
\end{aligned}
$$

und die Eintrittszeiten:

im Jänner	um	$21^h 51'$	im Juli	um	$20^h 24'$
„ Februar	„	22 20	„ August	„	20 41
„ März	„	22 9	„ September	„	21 20
„ April	„	21 16	„ October	„	21 54
„ Mai	„	20 33	„ November	„	21 50
„ Juni	„	20 21	„ December	„	21 35

Hier zeigen sich wieder vier Wendungen, nämlich

ein Maximum $= 22^h 24'$ am 27. Februar,
„ Minimum $= 20\ 21$ „ 21. Juni,
ein zweites Maximum $= 21\ 58$ „ 27. October,
„ „ Minimum $= 21\ 35$ „ 19. December.

Das zweite (nachmittägige) Minimum gibt folgende Gleichung:

$$
\begin{aligned}
y = 4\cdot 290 &+ 1\cdot 253 \sin(\ x.30^\circ + 291^\circ 46') \\
&+ 0\cdot 125 \sin(2x.30 \ + \ 40\ 48\ ) \\
&+ 0\cdot 043 \sin(3x.30 \ + 234\ 28\ )
\end{aligned}
$$

und die Eintrittszeiten

im Jänner	um	$3^h 10'$	im Juli	um	$5^h 34'$
„ Februar	„	3 36	„ August	„	5 13
„ März	„	4 11	„ September	„	4 28
„ April	„	4 42	„ October	„	3 43
„ Mai	„	5 7	„ November	„	3 13
„ Juni	„	5 28	„ December	„	3 2

Hieraus kann man nur zwei Wendungen erkennen, denn die Abnahme der Eintrittszeit im Herbst, so wie ihre Zunahme im Frühjahre geht ohne Aufenthalt fort. Man findet

das Maximum $= 5^h 35'$ am 9. Juli,
„ Minimum $= 3\ 2$ „ 18. December.

Es haben daher die beiden Maxima eine doppelte Jahreswendung, die beiden Minima aber nur eine einfache.

Wenn man die Jahreswendungen der Änderungen während des Tages mit jenen während der Nacht vergleicht, so sieht man den Einfluss des wachsenden Tages und der grösseren Wärme auf erstere. Es fallen nämlich die Tagwendungen des Sommers auf den 21. Juni und 9. Juli, die Nachtwendungen hingegen auf den 25. und 20. Mai.

Behandelt man in gleicher Weise die Zahlenreihen, welche auf S. 23 und 24 für die Grösse der Wendungen gegeben wurden, so gelangt man zu folgender Gleichung für das erste Maximum, welches gegen Mitternacht eintritt:

$$\begin{aligned} y = 0^{\mathrm{v}}081 &+ 0\cdot008 \sin(\ x.30^\circ + 334^\circ48') \\ &+ 0\cdot007 \sin(2x.30 \ + \ 88\ 49\ ) \\ &+ 0\cdot006 \sin(3x.30 \ + 336\ 32\ ) \end{aligned}$$

Daraus ergeben sich folgende Werthe der Grösse dieses Extremes:

im Jänner	$+0^{\mathrm{v}}083$	im Juli	$+0^{\mathrm{v}}093$
„ Februar	$+0\cdot090$	„ August	$+0\cdot078$
„ März	$+0\cdot084$	„ September	$+0.072$
„ April	$+0\cdot076$	„ October	$+0\cdot072$
„ Mai	$+0\cdot083$	„ November	$+0\cdot073$
„ Juni	$+0\cdot095$	„ December	$+0\cdot073$

In diesen Zahlen zeigt sich wohl ein Maximum im Februar und ein zweites im Juni, aber zwischen September und Jänner ist ein Stillstand, der die Bestimmung der Zeit des dahin fallenden Minimums unsicher macht. Die Gleichung gibt für die Zeit und Grösse der Wendungen folgendes:

1. Maximum $= +0^{\mathrm{v}}091$ am 17. Februar,
1. Minimum $= +0\cdot067$ „ 19. April,
2. Maximum $= +0\cdot097$ „ 27. Juni,
2. Minimum $= +0\cdot071$ „ 19. September.

Die Zahlen für das erste Minimum führen zu folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} y = -0^{\mathrm{v}}025 &+ 0\cdot068 \sin(\ x.30^\circ + 288^\circ58') \\ &+ 0\cdot015 \sin(2x.30 \ + \ 73\ 18\ ) \\ &+ 0\cdot021 \sin(3x.30 \ + 106\ 42\ ) \end{aligned}$$

die daraus hervorgehenden Werthe des Minimums sind:

im Jänner	$-0^{\mathrm{v}}059$	im Juli	$+0^{\mathrm{v}}029$
„ Februar	$-0\cdot067$	„ August	$+0\cdot033$
„ März	$-0\cdot060$	„ September	$+0\cdot006$
„ April	$-0\cdot007$	„ October	$-0\cdot063$
„ Mai	$+0\cdot038$	„ November	$-0\cdot104$
„ Juni	$+0\cdot037$	„ December	$-0\cdot083$

Obschon diese Änderung ihrer Natur nach sehr gering ist, so treten doch die Wendungen noch hervor, besonders die des Sommers, jene des Winters ist aber kaum merklich. Die Gleichung gibt dafür:

das erste Maximum $= -0^{\text{v}}059$ am 20. Jänner,
„ „ Minimum $= -0 \cdot 071$ „ 25. Februar,
„ zweite Maximum $= +0 \cdot 048$ „ 13. Mai,
„ „ Minimum $= -0 \cdot 104$ „ 18. November.

Die Gleichung für das zweite (vormittägige) Maximum wird:

$$
\begin{aligned}
y = 0^{\text{v}}173 &+ 0 \cdot 024 \sin(\;x.30^{\circ} + 292^{\circ}20')\\
&+ 0 \cdot 009 \sin(2x.30 \;+ 247\;\;37\;)\\
&+ 0 \cdot 018 \sin(3x.30 \;+ \;\;54\;\;59\;)
\end{aligned}
$$

und die daraus folgenden Werthe des Maximums sind:

im Jänner	+0·158	im Juli	+0·172
„ Februar	+0·162	„ August	+0·170
„ März	+0·156	„ September	+0·192
„ April	+0·180	„ October	+0·182
„ Mai	+0·214	„ November	+0·146
„ Juni	+0·205	„ December	+0·139

Für die grössten und kleinsten Werthe und die Zeit ihres Stattfindens gibt die Gleichung, wenn man von dem kleinen Maximum des Februar absieht:

das erste Maximum $= +0^{\text{v}}217$ am 26. Mai,
„ „ Minimum $= +0 \cdot 165$ „ 1. August,
„ zweite Maximum $= +0 \cdot 195$ „ 25. September,
„ „ Minimum $= +0 \cdot 136$ „ 7. December.

Die Gleichung für das zweite (nachmittägige) Minimum ist:

$$
\begin{aligned}
y = -0^{\text{v}}207 &+ 0 \cdot 076 \sin(\;x.30^{\circ} + 106^{\circ}18')\\
&+ 0 \cdot 005 \sin(2x.30 \;+ 177\;\;40\;)\\
&+ 0 \cdot 019 \sin(3x.30 \;+ 284\;\;58\;)
\end{aligned}
$$

Die hieraus hervorgehenden Werthe sind:

im Jänner	$-0^{\text{v}}153$	im Juli	$-0^{\text{v}}261$
„ Februar	−0·153	„ August	−0·269
„ März	−0·174	„ September	−0·248
„ April	−0·233	„ October	−0·181
„ Mai	−0·277	„ November	−0·129
„ Juni	−0·272	„ December	−0·134

Die Zeit und Grösse der Wendungen ist:

für das Minimum = —0·279 der 26. Mai,
„ „ Maximum = —0·125 „ 27. November.

Die Wendungen in den Wintermonaten verschwinden hier, denn es zeigt sich in den obigen Zahlen vom November zum Mai ein fortwährendes Zunehmen. Nur Jänner und Februar bilden einen vollkommenen Stillstand, und drücken dadurch die Vereinigung beider Extreme aus, welche auch beim ersten Minimum der Zeit nach nur durch 1 Monat getrennt, und der Grösse nach nur um $^1/_{100}$ Linie verschieden sind.

Es liefern daher auch die Grössenwerthe der Wendungen ein ähnliches Ergebniss, wie das bei den Eintrittszeiten ausgesprochene, nämlich dass nur die Maxima einer doppelten Wendung unterworfen sind, dass aber bei den Minimis die zweite Wendung bis zur Unmerklichkeit herabsinkt.

Wenn man die Zahlen auf S. 144 für die Grösse der Tagwendungen in Prag namentlich jene für das 2. Maximum genauer betrachtet, so sieht man während der Sommermonate einen sehr unregelmässigen Gang, der im October zu einem Maximum führt, aber schon im November das Minimum andeutet. Jene von Kremsmünster zeigen etwas ähnliches an. Dadurch werden in der daraus abgeleiteten Gleichung die Zeiten und Grössen der Extreme sehr verrückt, und während die Zahlen wie gewöhnlich die Monate Februar und November zu Wendemonaten und zwar für ein Maximum machen, erscheint nach der Gleichung im Februar ein kleines Maximum, und das Minimum des Novembers verspätet sich bis in den December. Es mag sein, dass diese Unregelmässigkeiten wenigstens theilweise von den Gewittern hervorgebracht sind, welche, wie bekannt, auf den täglichen Gang des Luftdruckes grossen Einfluss ausüben.

Dessen ungeachtet treten aus dieser Untersuchung die Monate Februar und November noch immer als bevorzugte Wendemonate hervor. Vertheilt man nämlich die aus den letzten Gleichungen gefundenen Extreme nach den Monaten, so erhält man

für Jänner	2 Extreme,		für April	1 Extrem,
„ Februar	4 „		„ Mai	5 „
„ März	1 „		„ Juni	2 „

für Juli 1 Extrem,
„ August 1 „
„ September 2 „

für October 1 Extrem,
„ November 3 „
„ December 3 „

Man findet hieraus in den beiden genannten Monaten die Anzahl der Extreme 7, also eben so gross wie in den beiden Monaten Mai und Juni, welche die Hauptwendemonate des Sommers sind.

Die Anzahl der Extreme in den vier Monaten vom November bis Februar sind 12, jene der vier Monate vom Mai bis August sind 9, daher wohl kein Zweifel obwalten kann, dass die Wintermonate mehr Wendungen und in kürzeren Zwischenzeiten enthalten als irgend eine andere Jahreszeit, wenn gleich die Änderungen im Winter geringer sind, als im Sommer.

Daraus ergibt sich auch die Erklärung mancher scheinbarer Unregelmässigkeit in den Wintermonaten, von denen früher (S. 144) die Rede war.

Da die Differenzen der aus den letzten Gleichungen gefundenen Extreme den jährlichen Gang regelmässiger darstellen, als die einzelnen Extreme, so lohnt es sich wohl der Mühe sie auch zu betrachten, wobei nur bemerkt zu werden braucht, dass man unter Nacht-Extremen das erste Maximum (gegen Mitternacht) und das erste Minimum (nach Mitternacht) unter Tages-Extremen die vor- und nachmittägige Wendung zu verstehen hat.

	Zeitdifferenz.		Grössendifferenz.	
	Nacht	Tag	Nacht	Tag
Jänner	5St.9'	5St.19'	0'''142	0'''311
Februar	6 15	5 16	0·157	0·315
März	5 52	6 2	0·144	0·330
April	4 25	7 26	0·083	0·413
Mai	2 50	8 34	0·045	0·491
Juni	3 7	9 7	0·058	0·477
Juli	3 47	9 10	0·064	0·433
August	3 31	8 32	0·045	0·439
September	4 30	7 8	0·066	0·440
October	5 45	5 49	0·135	0·363
November	6 30	5 23	0·177	0·275
December	5 32	5 27	0·156	0·273
Jahr	4 46	6 56	0·106	0·380

Diese Zahlen zeigen für die Nachtänderungen ein Maximum im Februar und im November an, sowohl bei der Dauer der Änderung

als der Grössen derselben, es treten daher vier Wendungen ein. Bei den Tagänderungen hingegen lassen sich mit Sicherheit nur zwei Wendungen erkennen, denn wenn auch die Zeitdifferenz im Februar und November ein Minimum erreicht, so ist dieses doch von den Differenzen der zwischenliegenden Monate December und Jänner so wenig verschieden, dass man das Bestehen desselben nicht mit Sicherheit annehmen darf. Bei der Grössendifferenz geben die Zahlen eine fortdauernde Zunahme vom December bis Mai, und eine ununterbrochene Abnahme vom Mai bis December, also nur zwei Wendungen zu erkennen.

Wenn auch die vollständige Erörterung des jährlichen Ganges der täglichen Barometerschwankung erst nach einer erschöpfenden Untersuchung der Ursachen, welche den jährlichen Gang des Luftdruckes überhaupt hervorbringen, erfolgen kann, so wird es doch gestattet sein, hier schon eines Umstandes zu erwähnen, welcher auch auf die Zusammendrängung der Wendungen in den Wintermonaten wenigstens in unseren Breiten von Einfluss sein kann. Es ist kein Zweifel, dass die Änderungen in der Bodenwärme auf den aufsteigenden Luftstrom, und dadurch auch auf die täglichen Barometerschwankungen einwirken, und dass diese Einwirkung auch von der Bedeckung des Bodens abhängen müsse. In dieser Bedeckung geht aber durch den Fall dauernden Schnee's, oder durch dessen Schmelzung eine plötzliche Änderung vor sich, welche vielleicht, wenn man sie gehörig berücksichtigt, zur Lösung der Frage, warum die beiden Monate November und Februar so hervortretende Wendemonate sind, einiges beitragen kann. Bis aber die Lösung dieser Frage in Angriff genommen wird, mag es genügen den erwähnten Umstand angedeutet zu haben.

Will man nun zur Vergleichung der täglichen Barometerschwankungen übergehen, wie sie sich in der Höhe und Tiefe im Verlaufe des Jahres darstellen, so wird es am besten sein, die übrigen aus den Zahlenreihen der Seite 143 abgeleiteten Ergebnisse so neben einander zu stelllen, wie es mit den Zahlenreihen selbst geschehen ist.

Sie sind folgende:

Prag.

1. Auch die Nachtänderungen des Luftdruckes sind so wie die Tagesänderungen einem jährlichen Gange

St. Bernhard.

1. Die Nachtänderungen des Luftdruckes sind auch in der Höhe einem jährlichen Gange unterworfen, der bald

unterworfen, sowohl in Beziehung auf die Eintrittszeit als Grösse der Extreme.

2. Die Eintrittszeiten des ersten Maximums wachsen vom Februar bis Juni, und nehmen von da bis November wieder ab. Im Jänner tritt ein secundäres Maximum ein.

3. Die Eintrittszeiten des ersten Minimums nehmen ab vom Februar bis Mai, dann wieder zu bis Februar, haben also nur ein Maximum und ein Minimum. Der Unterschied ist 2 Stunden 24 Minuten.

4. Die Zeitdifferenz oder Dauer der Änderung ist am grössten im Februar und November, am kleinsten im Juni. Ihre Änderung beträgt 4 St. 25'. Das Mittel der 6 Wintermonate ist 5 St. 59', jenes der 6 Sommermonate 3 St. 39'.

5. Die Nachtänderungen sind im Durchschnitte des ganzen Jahres um das 3·6fache, im Winter um das 2fache, im Sommer um das 7fache kleiner als die Tagänderungen.

grösser bald kleiner ist als in der Tiefe.

2. Die Eintrittszeiten des ersten Maximums sind im Jahresdurchschnitte um zwei Stunden kleiner als jene in Prag, und geringeren Änderungen unterworfen, denn der Unterschied zwischen der frühesten Eintrittszeit im Februar und December und der spätesten im Mai und Juli ist hier kaum 1¼ Stunde, in Prag über zwei Stunden. Die Zeiten wachsen vom Februar bis Juli und nehmen bis December ab, ändern sich also in demselben Sinne wie in der Tiefe.

3. Die Eintrittszeiten des ersten Minimums sind im Jahresdurchschnitte nur wenig, nämlich um 11 Minuten grösser als in Prag, ein Unterschied, der wohl kaum in Betracht zu ziehen ist, da auch jene von Kremsmünster und Prag um 13 Minuten von einander abweichen. Dafür ist der jährliche Gang ein entgegengesetzter von jenem in der Tiefe, und beträgt zwischen der grössten und kleinsten Eintrittszeit 1¼ Stunde. Es befolgen demnach die Zeiten dieser beiden Wendungen in der Höhe einen ähnlichen, in der Tiefe einen entgegengesetzten Gang.

4. Demgemäss zeigen die Differenzen der Eintrittszeiten keinen mit Sicherheit erkennbaren Gang, wenigstens keinen solchen, der jenem der Temperatur entspräche. Höchstens kann man sie in den Frühlingsmonaten grösser als im Herbste annehmen. Das Mittel der 6 Sommermonate ist jenem der 6 Wintermonate genau gleich, nämlich 7 St. 0'.

5. Die Nachtänderungen sind im Jahresdurchschnitte um das 3·3fache grösser als die Tagänderungen, also fast um eben so vielmal grösser als sie in der Tiefe kleiner sind. Das Verhältniss ist im Winter 2 : 1, im Sommer 9 : 1.

6. Das erste Maximum ist am grössten im Februar und Juli, am kleinsten im März und October. Es hat zwei Maxima und zwei Minima. Die Änderung beträgt nur $0^{v}049$.

7. Das erste Minimum erlangt seinen tiefsten Werth im Februar und November, seinen höchsten im Juni; im Jänner fällt ein secundäres Maximum. Die Änderung ist $0^{v}158$.

8. Die Gesammtänderung (Summe des Maximums und Minimums) ist am grössten im Februar und November, am kleinsten im Juni.

9. Die Eintrittszeiten der Tagesextreme zeigen einen den Eintrittszeiten der gleichnamigen Nachtextreme entgegengesetzten Gang.

10. Das zweite Maximum tritt am spätesten ein im Februar oder März, am frühesten im Juli. Die Änderung beträgt 2 St. 1'. Im December gelangt

6. Das erste Maximum ist am kleinsten im November, am grössten im Mai. Der Gang ist nahezu derselbe wie in der Tiefe, das Jahresmittel beinahe doppelt so gross.

7. Das erste Minimum ist am kleinsten im März, am grössten im October. Es bleibt in den ersten drei Monaten des Jahres fast ganz unverändert, wächst dann bis Mai und nimmt im Juni wieder ab. In den folgenden Monaten wird sein Gang unregelmässig, und es kann vorläufig nicht bestimmt werden, ob selbes im Sommer oder im Winter einen höheren Werth erlange, denn die 6 Wintermonate geben das Mittel $0^{v}174$, die 6 Sommermonate $0^{v}169$, also nicht einmal $0^{v}01$ verschieden. Das Jahresmittel ist das 7fache von dem des gleichnamigen Extrems in Prag. Die grösste Änderung beträgt nur $0^{v}035$.

8. Die Gesammtänderung zeigt mit grösserer Bestimmtheit ein Wachsen vom Jänner bis zum Mai, und von da bis zum November eine Abnahme. Der Winter gibt das Mittel $0^{v}297$, der Sommer $0^{v}330$. Im November hat das Minimum Statt, welches von dem Maximum im Mai um $0^{v}113$ verschieden ist. Der Gang ist dem in der Tiefe entgegengesetzt.

9. Obschon die Tagesänderungen wie bereits erwähnt wurde, viel kleiner sind als jene der Nacht, so zeigen die Extreme doch in Betreff ihrer Eintrittszeit einen regelmässigen Gang, der aber bei den gleichnamigen Extremen des Tages und der Nacht in demselben, nicht wie in der Tiefe, in entgegengesetztem Sinne vor sich geht.

10. Die Eintrittszeit des zweiten Maximums ist am kleinsten im Jänner, am grössten im Juni. Im Mai kann sie nicht angegeben werden, da beide

die Eintrittszeit zu einem secundären Minimum.

11. Das zweite Minimum erreicht seine früheste Eintrittszeit im November oder December, seine späteste im Juni. Sie ändert sich um 2 St. 38' und wächst vom Februar bis Juni, dann nimmt sie ab.

12. Die Zeitdifferenz ist am kleinsten im Februar und November, am grössten im Juli. Die Änderung beträgt 4 St. 13' und der Gang ist dem der Nachtänderung entgegengesetzt.

13. Das zweite Maximum erreicht seinen kleinsten Werth im Februar und November, seinen grössten im Mai. Die Änderung beträgt 0ᵛ115. Sein Gang ist dem des ersten Maximums ähnlich.

14. Das zweite Minimum gelangt zu seinem höchsten Werth im Februar und November, zu seinem tiefsten im Juni. Es ändert sich um 0ᵛ153. Sein Gang ist dem des ersten Minimums entgegengesetzt.

Tageswendungen verschwinden. Auch im Juni und Juli sind sie kaum zu unterscheiden. Die Änderung beträgt 3 St. 42', ist aber im Sommer schwer zu bestimmen. Im Jahresdurchschnitte ist sie $1^1/_2$ St. grösser als in Prag, wo sich ein entgegengesetzter Gang zeigt.

11. Das zweite Minimum tritt ebenfalls am frühesten im Jänner, am spätesten im Juli ein. Die Eintrittszeit ändert sich um $1^1/_2$ Stunde. Das Jahresmittel gibt sie um 1 Stunde kleiner als in Prag. Der Gang ist in beiden Stationen derselbe.

12. Diese Verschiedenheit in der Grösse der Änderung ist der Grund, warum ungeachtet des ähnlichen Ganges der Eintrittszeiten beider Extreme doch auch ihre Differenz noch einen erkenntlichen Gang hat, indem sie im Jänner und November ihren grössten Werth hat, im Juni den kleinsten, und eine Änderung von 3 St. 7' zeigt. Das Jahresmittel ist um $2^1/_2$ Stunden kleiner als in Prag, der Gang ist der entgegengesetzte.

13. Das zweite Maximum, welches im Mai ganz verschwindet, erreicht seinen grössten Werth im Jänner und November, seinen kleinsten im Juli. Es hat also im Vergleiche mit demselben Extreme in Prag einen entgegengesetzten Gang, der auch dem des gleichnamigen Nachtextremes auf St. Bernhard entgegengesetzt ist. Die Änderung zwischen Jänner und Juli beträgt 0ᵛ113. Das Jahresmittel ist etwas mehr als der 3. Theil von dem in Prag.

14. Das zweite Minimum erreicht seinen tiefsten Werth im Jänner, seinen höchsten im Juni. Sein Gang ist also dem des gleichnamigen Extremes in Prag entgegengesetzt. Die Änderung vom Jänner zum Juni beträgt 0ᵛ094. Im Jahresmittel ist sein Werth $^1/_7$ von dem in Prag.

15. Die Gesammtänderung ist am kleinsten im Februar und November, am grössten im Juni. Der Gang ist also dem der Gesammtänderung während der Nacht entgegengesetzt.

15. Die Gesammtänderung ist am grössten im Jänner, am kleinsten im Juni. Der Gang ist also dem in Prag, so wie dem der Gesammtänderung während der Nacht auf St. Bernhard entgegengesetzt. Die Änderung beträgt 0ᵛ202. Das Jahresmittel ist nur der 4. Theil von dem in Prag.

16. Die Tagesextreme sind in den Sommermonaten grösseren Schwankungen unterworfen, in denen sich keine Gesetzmässigkeit zeigt.

16. Die Nachtextreme werden mit wachsender Höhe von der Mitternacht entfernt, die Tagesextreme dem Mittage genähert. Beim ersten Maximum beträgt diese Entfernung zwei Stunden, beim ersten Minimum ist sie kaum merklich. Das zweite Maximum rückt um $1\frac{1}{2}$ Stunde, das zweite Minimum um 1 Stunde dem Mittage näher. Es werden daher die Nachtextreme um mehr als zwei Stunden aus einander, die Tagesextreme um eben so viel zusammengerückt.

Alle diese Änderungen ergeben sich ganz ungezwungen aus der aufgestellten Hypothese. Will man zuerst die Ergebnisse der Prager Beobachtungen in's Auge fassen, so hat man vor allem zu bedenken, dass der aufsteigende Strom im Sommer früher erwacht, kräftiger wirkt, daher in grössere Höhe reicht und länger dauert als im Winter, und da, so lange er thätig ist, der sinkende Strom und die von ihm hervorgebrachten nächtlichen Wendungen nicht zur Entstehung gelangen können, so müssen diese vom Winter zum Sommer sich der Mitternacht nähern, die Tageswendungen aber sich vom Mittage entfernen, wie dies auch durch die Beobachtungsresultate 1 — 4 und 9 — 12 bestätigt wird.

Die für den absteigenden Strom erübrigte Zeit ist im Sommer um vieles kürzer als im Winter; aber auch seine Wirksamkeit auf die tiefer liegenden Schichten ist schwächer, da der aufsteigende in der warmen Jahreszeit zu so viel grösserer Höhe gelangt, daher der sinkende in so kurzer Zeit nicht so tief reichen kann, um die untersten Schichten in eine namhafte Verdichtung zu versetzen. Darin ist der ungemein geringe jährliche Gang des 1. Maximums gegründet (Nr. 6).

Diese Verdichtung und Spannung muss aber doch gegen den Sommer zunehmen, da der Luftstrom von viel grösserer Höhe kömmt. daher auch viel mehr Luftmassen in absteigende Bewegung versetzt werden als im Winter. Eben diese massenhafte Bewegung der höheren Luftschichten ist der Grund, dass die darauf folgende Ausdehnung der tieferen Luftschichten und das dadurch entstandene 1. Minimum im Sommer viel geringer sein muss als im Winter, da sie sowohl von der fortdauernden Bewegung der höheren Massen als auch von der in Folge des früheren Tagesanbruches bald vermehrten Spannung vermindert und aufgehoben wird, daher man auch das erste Minimum und den Unterschied zwischen den beiden Nachtextremen so rasch vom Winter zum Sommer abnehmen sieht (Nr. 7 und 8).

Überhaupt muss, wie schon früher erwähnt wurde, an Stationen die nicht auf hohen Berggipfeln oder Abhängen liegen, die Wirksamkeit des absteigenden Stromes auf die Änderungen des Luftdruckes nur eine geringe sein, wesswegen auch (nach Nr. 5) die Nachtschwankungen so bedeutend von den Tagschwankungen übertroffen werden.

Da der aufsteigende Strom dem sinkenden entgegenwirkt, so ist klar, dass die von ihm herrührenden Tageswendungen in ihren Eintrittszeiten einen den Zeiten der Nachtwendungen entgegengesetzten Gang befolgen müssen, wie auch in den Ergebnissen Nr. 9 — 12 zu ersehen ist. Eben so folgerichtig ergeben sich die Nummern 13 — 15, da die stärkere Spannung Vormittags im Sommer das Quecksilber höher hinauftreiben, und der stärkere Luftstrom es Nachmittags tiefer sinken machen muss als im Winter.

Von dem Ergebnisse Nr. 16 ist schon früher ein wahrscheinlicher Grund angegeben worden.

Alle diese in den täglichen Schwankungen des Luftdruckes während des Verlaufes eines Jahres eintretenden Veränderungen müssen sich aus zwei Ursachen in der Höhe ganz anders gestalten. Die erste ist die viel geringere Temperatur, welche an hochgelegenen Stationen herrscht, und die auch eine geringere Kraft des aufsteigenden Luftstromes zur Folge hat. Zwar wird er durch die von unten heran drängenden Luftmassen verstärkt, aber auch diese haben durch Abkühlung bereits einen grossen Theil ihrer bewegenden Kraft eingebüsst.

Die zweite Ursache besteht in der wechselnden Menge, also auch dem veränderlichen Gewichte der Luft, die sich über der Station befindet.

In Folge der ersten Ursache muss die Erscheinung in der Höhe jener ähnlich sein, welche die Wintermonate in der Tiefe zeigen, und wirklich findet man bei näherer Besichtigung der Zahlen auf S. 143 und 144 dass jene des Winters, namentlich jene der Wendemonate Februar und November, an beiden Stationen in Prag und St. Bernhard noch am meisten übereinstimmen, während sie im Sommer sehr weit auseinander gehen.

Die zweite Ursache bringt aber eine noch grössere Verschiedenheit hervor, denn sie bewirkt, dass der Druck der Luft, welcher an einem tiefgelegenen Orte den ganzen Tag über gleichbleiben soll, in so ferne immer dieselbe Luftmasse über ihn lastet, an einer hochgelegenen Station schon desswegen veränderlich ist, weil bedeutende Luftmassen vom auf- und absteigenden Strome bewegt, bald über ihn, bald unter ihn zu stehen kommen.

Die erste Ursache heisse der Kürze wegen *A*, die zweite *B*. *A* ist demnach der auch in der Tiefe herrschende Einfluss der Temperaturänderungen auf den Luftdruck, aber in kleinerem Massstabe, da auch die Änderungen der Temperatur geringer sind. *B* wirkt aber dem *A* offenbar entgegen, wie schon früher S. 137 bemerkt wurde. Von dem Verhältnisse dieser beiden Wirkungen hängt die Form der Tagescurven in der Höhe ab. So lange *A* grösser ist als *B*, sinkt das Quecksilber, und es steigt wenn *B* grösser wird als *A*.

In den Nachtstunden verschwindet *A*, denn der aufsteigende Luftstrom ruht, und *B*, in diesem Falle gleichbedeutend mit dem sinkenden Strome, ist allein herrschend. Der aufsteigende Strom findet sein Ende zuerst in den höchsten Schichten, und zu einer Zeit, wo er in der Tiefe noch fortdauert, hat oben schon der absteigende begonnen. Dies muss in den nächsten tiefer liegenden Schichten, wo der zurückkehrende Strom auf ruhende oder noch im Aufsteigen begriffene Massen stösst, eine Verdichtung der Luft hervorbringen, welche sich aber erst nach längerer Zeit in die Tiefe fortpflanzen kann. Da diese Verdichtung und die daraus folgende Spannung die Ursache des ersten Maximums ist, so folgt daraus das Ergebniss Nr. 2, nämlich das frühere Eintreten dieser Wendung in der Höhe. Der jährliche Gang muss aber derselbe sein, wie jener

in der Tiefe, da beiden Erscheinungen dieselbe Ursache zu Grunde liegt.

Erst nachdem diese Verdichtung der Luft auf dem St. Bernhard vorüber ist, kann der sinkende Strom seinen Weg fortsetzen, und nun beginnt eine rasche Abnahme des Luftdruckes, welche von der Verminderung der über der Station lagernden Luftschichten herrührt, und zu dem ersten Minimum führt.

Dieses Extrem ist demnach ganz verschiedenen Ursprungs an hoch und an tief gelegenen Stationen. In diesen wird es hervorgebracht durch die übermässige Pressung der unteren Luftschichten in Folge des Sinkens der oberen, auf welche eine Gegenwirkung nämlich eine Ausdehnung derselben und ein Fallen des Quecksilbers erfolgen muss. Die Eintrittszeit ist abhängig von der bald darauf folgenden Zunahme beim Aufgange der Sonne, muss daher kleiner sein im Sommer als im Winter. In der Höhe hingegen ist es nur Folge der sinkenden Luftmassen, zeigt daher keine so grosse Vorrückung seiner Eintrittszeit. Auch geht diese im Vergleich mit der Tiefe in entgegengesetztem Sinne vor sich, da im Sommer der aufsteigende Strom höher hinaufreicht, daher auch das Zurücksinken längere Zeit dauern muss als im Winter, und selbst nach Sonnenaufgang noch anhalten kann, wenn in der Tiefe der aufsteigende Strom sich schon vorbereitet und mit der zunehmenden Temperatur die Spannung zu wachsen beginnt (Nr. 3 und 4).

Aus dem Vorhergehenden folgen die Ergebnisse 5, 6 und 7 von selbst. Die das erste Maximum bedingende Pressung der Luft wird auf dem St. Bernhard nicht wie in Prag durch den Widerstand des Erdbodens, sondern durch jenen der noch ruhenden oder im Sommer noch im Aufsteigen begriffenen Luftschichten hervorgebracht, sie muss daher im letzteren Falle grösser sein als in der Tiefe, und vom Winter zum Sommer zunehmen (Nr. 6). Die Wirkung *B* aber, welcher das erste Minimum sein Entstehen verdankt, muss bei weitem kräftiger auftreten als jene Ursache, durch welche das gleichnamige Extrem in der Tiefe hervorgebracht wird, und wirklich ist dieses (nach Nr. 7) nur der 7. Theil von jenem. Dass sein Gang in der Höhe ein unregelmässiger ist, und vielleicht nur durch eine längere Beobachtungsreihe gesetzmässig dargestellt werden kann, darf nicht überraschen, wenn man die ausserordentlich geringe Änderung von nur 0‴03 im Verlaufe des Jahres bedenkt.

Hiefür ist aber auch wieder ein guter Grund anzuführen. Denn wenn es auch gewiss ist, dass im Sommer eine viel grössere Masse von Luft auf und ab bewegt wird als im Winter, so ist eben so wenig zu zweifeln, dass in dieser Jahreszeit die Luftmassen viel dichter sind, und dadurch das an Gewicht ersetzen können, was ihnen wegen geringerer Menge abgeht.

Da in der Höhe von St. Bernhard bei Tage beide Wirkungen *A* und *B* thätig sind, und sich theilweise aufheben, während bei der Nacht nur *B* ihre Wirksamkeit äussert, so folgt daraus, dass die Tagesänderungen geringer sein müssen als die Nachtänderungen (Nr. 5 und 9).

Im Winter, wo die Temperatur und ihre Änderungen in der Höhe und Tiefe sich viel mehr gleichen als im Sommer, ja sogar, wie Herr v. Sonklar dargethan hat [1]), die Temperatur mit der Höhe in manchen Gebirgsstrichen zu- statt abnimmt, müssen auch die Wirkungen *A* und *B* sich mehr ausgleichen. Aber schon im März fängt die Wirkung *B* an kräftiger aufzutreten, und die Folge davon ist das immer spätere Eintreffen des 2. Maximums sowohl als des 2. Minimums, welche beide Wendungen, da die erste viel rascher fortschreitet als die zweite, sich auch während der Frühlingsmonate März und April immer mehr nähern, endlich im Mai ganz in einander verfliessen, so dass gar keine Tagwendung mehr stattfindet, sondern der Luftdruck in Folge des fortwährenden Vorherrschens von *B* über *A* vom Morgen bis zum Abend in stetem Wachsen begriffen sein muss. Auch in dem folgenden Monate ist das Verhältniss noch dasselbe, und die beiden Tagwendungen kaum von einander zu unterscheiden. Erst im Juli bei abnehmender Tageslänge gewinnt *A* wieder auf kurze Zeit die Oberhand, und ihr Unterschied, so wie auch der ihrer Eintrittszeiten wächst mit dem Fortschreiten des Jahres, bis der Winter wieder nahezu dieselben Verhältnisse herbeiführt, welche in der Tiefe herrschen. Hiemit erklären sich die Ergebnisse 10 — 15 vollständig. Zu Nr. 16, welches nur eine Zusammenfassung der Ergebnisse 2, 3, 10 und 11 unter eine allgemeine Regel ist, kann noch mehr bemerkt werden, dass in dieser Beziehung durch die wachsende Höhe ganz dieselbe Wirkung hervorgebracht

[1]) Sitzungsberichte XL. Band, S. 58.

wird, welche sich in der Tiefe beim Übergange vom Sommer zum Winter darstellt.

Wenn die hier entwickelten Folgen der Temperaturänderungen die wirkliche Ursache der Barometer-Schwankungen sind, so müssen sie diese Vorgänge unter anderen Breiten eben so gut und noch einfacher erklären, als sie in unseren Breiten dieselben bei verschiedenen Höhen darstellen, daher es mir nicht nöthig schien, näher darauf einzugehen.

Zur objectiven Erklärung einiger sogenannten subjectiven Gesichtserscheinungen.

Von dem c. M. **Johann Czermak** in Prag.

I. Die elliptischen Lichtstreifen.

Schon Purkyně beschreibt in seinen „Beobachtungen und Versuchen zur Physiologie der Sinne", Bd. II, Berlin 1825, pag. 74 unter dem Namen der „elliptischen Lichtstreifen" eine zarte Lichterscheinung, welche entsteht, wenn man im Finstern das Bild einer kleinen leuchtenden Fläche nahe bei deren Axenpunkt und nach aussen von demselben auf die Netzhaut fallen lässt.

„Um die Beobachtung gehörig zu verlängern", heisst es l. c. „schnitt ich vom Zündschwamm einen langen dünnen Streifen und liess ihn in der Dunkelheit abglimmen. Nun konnte ich das Phänomen bequem und in seinem ganzen Umfange beobachten. Das Bild des verglimmenden Schwammes darf nicht genau im Axenpunkt des Auges liegen, sondern nahe daneben nach innen (auf der Retina, also nach aussen vom Axenpunkt. Cz.). Man erblickt sogleich beim ersten Hinsehen, wo der Eindruck auf's Auge am lebhaftesten ist, von dem oberen und unteren Umfange des leuchtenden Bildes zwei elliptische Streifen, erst breiter, dann dünner werdend, auf und abwärts und quer nach aussen, gleich einem liegenden Hörnerpaare, gebogen, und mit den äussersten Spitzen nahe an der Eintrittsstelle des Gesichtsnerven sich beinahe berührend. Die elliptischen Schenkel dieser Streifen sind nach oben und unten beweglich, so dass sich der innere Raum den sie einschliessen, erweitert oder verengert. Wie man den Axenpunkt des Auges aus der Nähe des leuchtenden

Bildes mehr gegen den Mittelpunkt des inneren Raumes der Ellipse rückt, so öffnen sich die Hörner derselben und nähern sich der Gestalt des Kreises; wird hingegen das leuchtende Bild bis nahe an den Axenpunkt gebracht, so treten die Hörner der Ellipse immer näher zusammen, und über ihren inneren Raum wird ein mattes Licht verbreitet“....... „Bewegt man den Schwamm abwechselnd etwas nach oben oder nach unten, so wird beim Hinaufrücken der obere, beim Hinabrücken der untere Streifen sichtbarer. Man kann die Figur dadurch bemerkbarer machen, dass man den Schwamm in einem kurzen Intervalle schnell auf und nieder bewegt. Die scheinbare Grösse und Kleinheit der Figur hängt übrigens wie bei allen Spectris davon ab, wie weit man sie in den äusseren Raum projicirt; daher wird sie bei Entfernung des Schwammes vom Auge grösser, bei Näherung desselben kleiner. Das Licht dieser Streifen ist matt lichtbläulich.“

„Wenn man den Versuch etwas länger (20 — 30 Secunden) fortsetzt, ohne das Auge durch Wechsel mit Finsterniss ausruhen zu lassen, so wird man unfähig, die Erscheinung ferner zu bemerken, bis sich die Empfindlichkeit durch Schliessen der Augenlieder wieder sammelt. Die Bemerkbarkeit derselben hängt auch von dem Grade der Leuchtung ab. So oft der mit Salpeter gebeizte Schwamm stärker aufglimmte, oder sanft angeblasen wurde, erschien die Figur deutlicher und wurde wieder schwächer oder verschwand bei geringerer Leuchtung. Im Gegentheile macht eine höhere Leuchtung ihrer Sichtbarkeit schon insofern Eintrag, als sie entweder die im Hintergrunde liegenden Gegenstände mit beleuchtet, oder das so äusserst schwache Licht durch die stärkere Lichtempfindung verdrängt.“......

„Eine wesentliche Bedingung zur Erscheinung der Ellipse ist eine bestimmte Kleinheit des Lichtbildes, indem sie bei einer breiteren Flamme nicht mehr bemerkbar ist. Das Lichtbild muss so viel möglich nur ein Element der Linie selbst sein, es muss die Aufmerksamkeit concentrirt erhalten, ohne sie auf einer grossen Fläche zu zerstreuen. Aber auch die Kleinheit hat ihre Grenze, indem mit dem Kleinerwerden des Lichtbildes auch der Grad der Leuchtung vermindert wird.“......

„Dass diese Ellipse mit einer constanten organischen Bildung im Inneren des Auges in Verbindung steht, dass ihre Erzeugungs-

stelle zwischen der Eintrittsstelle des Sehnerven und dem Axenpunkt der Retina ihren Sitz hat, wird auch Niemand bestreiten, der einmal sich die Mühe nahm die Erscheinung mit Deutlichkeit vor den Sinn zu bringen.“......

Ich kann nach vielfältigen eigenen und fremden Beobachtungen die Exactheit dieser Angaben vollkommen bestätigen. Statt des Zündschwammes bediente ich mich mit gleichem Erfolge dünner Stengel von Sprengkohle; und um auch mit anderen Lichtquellen und Farben bequem experimentiren zu können, liess ich mir eine hinreichend weite, innen matt geschwärzte Röhre aus Pappe anfertigen, an deren offenes Ende das Auge angelegt wurde, während in dem Boden des verschlossenen anderen Endes ein kleines Löchelchen angebracht war, durch welches verschiedenfarbiges, von den verschiedensten Quellen ausströmendes Licht einfallen konnte.

Es kommt viel darauf an, dass das Auge durch diese Vorrichtung in möglichst vollständige Finsterniss versetzt wird, und ausser durch das Löchelchen, weder von aussen, noch von innen durch Reflex an den Wänden Licht in's Auge dringt.

Was nun die constante organische Bildung im Inneren des Auges betrifft, welche die Entstehung der elliptischen Lichtstreifen erklären soll, so fand ich dieselben in der eigenthümlichen, durch die neueren histologischen Untersuchungen über die Netzhaut aufgedeckte Anordnung der Sehnervenfasern um den gelben Fleck herum.

Kürzlich theilte mir Purkyně, als ich ihm meine Ansicht vortrug, mit, dass auch er bereits an den Verlauf der Opticusfasern in jener Gegend gedacht habe.

Meine nachstehende Auseinandersetzung dürfte jeden Zweifel hierüber beseitigen.

Am gelben Fleck geht bekanntlich nur ein kleiner Theil Opticusfasern in geradem Verlauf gegen das innere Ende desselben, während der andere viel grössere, theils um die seitlichen Theile und das äussere Ende zu erreichen, theils um die in der Gegend des gelben Fleckes entstandene Lücke zu umgreifen — je weiter nach aussen, um so grössere Bogen beschreibt.

Nach aussen vom gelben [illegible] convergiren die bogenförmig gekr[illegible] gegen [illegible] ie oder Raphe, und nehmen

erst in einer kleinen Entfernung vom äusseren Winkel des gelben Fleckes, indem sie sich nach und nach strecken, endlich wieder einen geraden Lauf an. (Vgl. Kölliker's Handb. der Gewebelehre, zweite Auflage, Fig. 319, pag. 639.)

Diese Raphe und der äussere Winkel des gelben Fleckes sind die Netzhautstelle, auf welche das Bild der kleinen leuchtenden Fläche fallen muss und wirklich fällt, wenn die elliptischen Lichtstreifen entstehen sollen; und die eigenthümliche Dispersion des Lichtes an den bogenförmig verlaufenden Opticusfasern ist es, welche ihre Entstehung bedingt.

An einem aus feinen glänzenden Kupferdräthen — wenn auch etwas roh nachgebildeten Schema des Opticusfaserverlaufs der fraglichen Gegend wurde im Finstern, durch locale Erleuchtung der Convergenzlinie vermittelst Sprengkohle, der bogenförmige Verlauf der Dräthe glänzend erleuchtet.

Eine gekrümmte Thermometerröhre, welche auf ein Blatt Papier gelegt worden war, erzeugte einen durch das Papier hindurchschimmernden bogenförmigen Lichtstreif, als eines ihrer Enden im Finstern durch Sprengkohle erleuchtet wurde.

Dass etwas Ähnliches (vielleicht mit Fluorescenzerscheinungen complicirt) im Auge stattfinde, ergibt sich aus der vollkommen übereinstimmenden Form der elliptischen Lichtstreifen mit dem bogenförmigen Verlauf der Opticusfasern; indem die ersteren nicht nur mit ihren Spitzen genau gegen den Mittelpunkt der Eintrittsstelle des Opticus sich zusammenneigen und verlieren, sondern auch gerade so wie die daselbst von den Opticusfasern beschriebenen Bogen um so flacher gekrümmt erscheinen, je näher das Bild der leuchtenden Fläche der *Fovea centralis* rückt.

Den beiden elliptischen Lichtstreifen entspricht also ein objectives Lichtbild, welches auf der lichtempfindenden Netzhautfläche in Folge der eigenthümlichen, möglicherweise mit Fluorescenzerscheinungen complicirten Dispersion des Lichtes von den bogenförmig verlaufenden Opticusfasern entworfen wird.

Warum die Opticusfasern gerade nur, wenn sie von der bezeichneten Stelle aus beleuchtet werden, ihrem Verlauf entsprechende Lichtstreifen erzeugen und entoptisch sichtbar werden, mag damit zusammenhängen, dass sie eben nur an jener Stelle einen stark convergenten und gekrümmten Verlauf besitzen.

Vielleicht auch ist diese Netzhautregion durch ihre höhere Erregbarkeit und durch das Verhältniss der relativen Dicke ihrer Schichten der Dispersion des Lichtes und der Wahrnehmung derselben besonders günstig.

In dieser Beziehung ist der bereits von Purkyně hervorgehobene Umstand zu erwähnen, dass bei der beschriebenen Erscheinung noch ein Lichthof um das Bild der leuchtenden Fläche existirt, mit dem die elliptischen Streifen in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Fällt das Bild auf andere Netzhautstellen, so wird ein solcher Lichthof gar nicht, oder doch nicht so leicht wahrgenommen.

Hat man sich eine der oben beschriebenen Röhre ähnliche Vorrichtung besorgt, so kann man, wie gesagt, mit den verschiedensten Lichtquellen experimentiren. Wendet man z. B. neutrales hellgraues Licht an, so erscheinen die Bogenstreifen und der Lichthof, so lange keine Blendungserscheinungen eintreten, ebenfalls farblos. Fällt hingegen farbiges Licht ein, so nehmen dieselben meist eine zarte Färbung an, welche jedoch niemals jene des einfallenden Lichtes ist. Diese subjective Färbung des matten graulichen Lichtscheines dürfte sich zum Theil aus einer Contrastwirkung oder Verstimmung des Sensoriums erklären, welche unter diesen Umständen gar nicht ausbleiben kann. (Vgl. Brücke's Untersuchungen über subjective Farben. Denkschriften der kais. Akademie, Bd. III, 1851.)

---

2. Die Lichtschattenfigur.

Seit ich die Purkyně'sche „Lichtschattenfigur" als eine entoptische Erscheinung erkannt hatte, welche mit den Elementen der *Membrana Jacobi retinae* in Beziehung stehen müsse (vgl. „Über die entoptische Wahrnehmung der Stäbchen- und Zapfenschicht", diese Sitzungsberichte 1860), war ich vielfach bemüht, mir eine plausible Vorstellung über den eigentlichen Vorgang bei ihrer Erzeugung zu machen.

Wenn ich jetzt auf diesen Gegenstand zurückkomme, so geschieht dies, weil ich einerseits den Schlüssel zur Erklärung wenigstens eines Theiles dieser Erscheinung endlich gefunden zu haben glaube, und weil mir andererseits die ganze Frage, deren vollständige Lösung

mancherlei Aufschlüsse und Fingerzeige für die Anatomie und Physiologie der Netzhaut verspricht (und von ihnen zu erwarten hat), der allgemeineren Aufmerksamkeit werth zu sein scheint.

Zunächst will ich daran erinnern, dass ich von der in Purkyně's „Beiträgen" Bd. I, pag. 10, beschriebenen, mehr unbestimmten „Lichtschattenfigur", welche aus „primären" und „secundären" Gestalten besteht, jene unter gewissen Umständen im Bereiche des gelben Fleckes scharf und bestimmt hervortretende, dichte Mosaik von blassen, durch hellglänzende feine Linien abgegrenzten rundlichen Scheibchen, welche ich l. c. genauer beschrieben habe, unterscheide. Diese Mosaik kann auch nicht mit den von Purkyně erwähnten „Sechsecken" identisch sein.

Die sogenannte primäre Erscheinung der Purkyně'schen Lichtschattenfigur besteht in einer schachbrettartigen, gegen die Peripherie sich vergrössernden Würfelung des ganzen Sehfeldes.

Sie kann am bequemsten zur Anschauung gebracht werden, wenn man durch die Löcher oder Spalten einer rasch retirirenden Pappscheibe nach dem gleichmässig umwölkten Himmel sieht.

Trotz des vollkommen neutralen Lichtes der hellgrauen Wolken nehmen die schattigen Stellen der Lichtschattenfigur leicht eine subjective (violete) Färbung an. Lässt man das Wolkenlicht durch farbige Glastafeln gehen, so treten mitunter prächtige complementäre Farben in der Lichtschattenfigur auf.

Die sogenannten „secundären" Gestalten, welche Purkyně mit dem Namen „Achtstrahl", „Schneckenrechteck" etc. bezeichnet, bilden sich in unbestimmter Folge auf dem gewürfelten Hintergrunde und gleichsam aus den Elementen desselben.

Sie treten, wie Purkyně angibt, am leichtesten auf, wenn man vor den geschlossenen, von der Sonne beschienenen Augenliedern mit den aus einander gehaltenen Fingern der Hand rasch hin und her fährt.

Der Schlüssel zur Erklärung dieser primären und secundären Erscheinungen dürfte sich nun, wie ich gleich weiter ausführen werde, in einem durch Bergmann angeregten Gesichtspunkt gefunden haben; dagegen scheint mir dieselbe Vorstellung zur Erklärung der mit solcher Schärfe in meinem Auge auftretenden Mosaik von hell und scharf contourirten matten Scheibchen aus mancherlei Gründen nicht völlig auszureichen.

Bergmann hat bekanntlich (Zeitschrift für raditionelle Med. Bd. II, 1858) die merkwürdigen Täuschungen, welche fast constant bei der Betrachtung seiner Gittertäfelchen aus grösserer Entfernung entstehen — (nämlich dass man die Richtung der Gitterstäbe z. B. gerade senkrecht gegen die wirkliche deutlich zu sehen meint, oder wohl auch das ganze parallel gestreifte Täfelchen für schachbrettartig oder sechseckig gefeldert hält) — sehr glücklich aus der wahrscheinlichen Anordnung der Zapfen am gelben Fleck, und unter der Voraussetzung, dass ein Zapfen eine Scheinheit repräsentire, zu erklären vermocht.

Dieselbe Betrachtung hat Helmholtz zur Erklärung der schon von Purkyně bemerkten Verwandlung paralleler gerader Linien in wellenförmige etc. benützt (Karsten's Encyklop. pag. 217, Bd. 1) und ich werde sie jetzt für die angegebenen Erscheinungen zu verwerthen suchen.

Bergmann sagt l. c. pag. 100:

„Da die Zapfen im Allgemeinen im Querschnitte hexagonal erscheinen, da einander benachbarte Zapfen ebenfalls im Allgemeinen (in der *Fovea centralis*) keine merklichen Grössenunterschiede darbieten, und da endlich die Krümmung der Augenhäute im Verhältniss zu den sehr kleinen Zapfen als unbeträchtlich erscheint, so wird es erlaubt sein, versuchsweise die Vorstellung grundleglich zu machen, dass die Zapfen (in kleineren Gruppen) so neben einander geordnet sind, wie regelmässige gleichseitige, unter einander gleich grosse Sechsecke auf ebener Fläche zu gänzlicher Erfüllung des Raumes geordnet sein müssen; ähnlich wie die Zellen des Bienenstocks sich im Querschnitte zeigen."

„Sechsecke, welche auf solche Weise in einer Ebene geordnet sind, bilden in drei Richtungen, welche sich unter Winkeln von 60° scheiden, Reihen mit einander. Innerhalb jeder dieser Reihen hat ein jedes Sechseck einen grössten Durchmesser da, wo in den anstossenden Parallelreihen je zwei Sechsecke sich berühren und am schmalsten sind. Man denke sich auf eine mit solchen Sechsecken gefüllte Tafel ein Gitter gelegt, dessen Stäbe irgend eine der drei Reihen unter rechtem Winkel kreuzen."

„Welches wird nun die Vertheilung der Bilder der Gitterstäbe auf den Sechsecken sein, z. B. unter der Voraussetzung, dass jeder Gitterstab die halbe Breite eines Sechseckes bedecke und die Distanzen der Stäbe eben dieselbe Breite haben?"

„Wir können unter diesen Voraussetzungen das Gitter so auf die Sechsecke legen, dass ein jedes derselben zur einen Hälfte einem Stabe, zur anderen einem Zwischenraume entspricht. Setzen wir ein so auf den Zapfen entworfenes Netzhautbild weisser und schwarzer Striche, so erhalten wir als Resultat eine völlig homogene Mengung, eine ungefleckte graue Fläche. Verschieben wir dagegen das Gitter auf den Sechsecken um ein Viertel der Breite der Sechsecke, so wird das Resultat ein ganz anderes. Jetzt sind die Sechsecke je in einer Reihe von den Stäben, in der anderen von den Zwischenräumen mehr bedeckt, und zwar im Verhältnisse von 7 zu 5. Also: es würde eine Reihe der Zapfen eine gleichmässige Mengung von sieben Theilen Schwarz und fünf Theile Weiss erhalten, die nächste sieben Theile Weiss und fünf Theile Schwarz, eine dritte sich wie die erste, die vierte sich wie die zweite verhalten. Diese Reihen liegen rechtwinkelig gegen die Bilder der Striche."

„Es ist dabei zugleich fast nothwendig gegeben, dass solche Wahrnehmungen sehr flüchtig sein müssen, da eine Bewegung der Netzhautfläche um ein Viertel eines Zapfendurchmessers hinreicht, die Erscheinung wechselnd hellgrauer und dunkelgrauer Striche aus rein grauem Felde hervortreten und wieder in dasselbe verschwinden zu lassen."

„Es ist ferner leicht einzusehen, dass eine solche Erscheinung nicht nothwendig an eine ganz bestimmte Entfernung gebunden sei. Es kann die Entfernung — oder das Verhältniss der Breite der Striche zur Breite der Sechsecke — sich etwas ändern und noch immer können hellgraue und dunkelgraue Striche gesehen werden, rechtwinkelig gegen die Richtung der objectiv vorhandenen gelegen. Nur würde man, wenn ein solches Bild überhaupt scharf genug erschiene, um so analysirt werden zu können, jeden Strich allmählich seiner Länge nach aus der einen in die andere Nüance übergehen sehen und jedesmal, wo ein Strich seine lichteste Stelle hätte, würden die benachbarten am dunkelsten sein, und umgekehrt."

Bergmann hat einen solchen Fall l. c. pag. 102 durch ein in Zahlen ausgeführtes Beispiel belegt. Die Breite der Stäbe und Zwischenräume war nicht gleich der Hälfte des Durchmessers eines Sechseckes angenommen, sondern jeder Stab (und jeder Zwischenraum) deckte $^{17}/_{32}$ eines Sechseckes, so dass also auf einer Reihe von

siebzehn Sechsecken sechzehnmal Weiss und sechzehnmal Schwarz abwechselnd sich abbilden musste.

Aus der Rechnung ergab sich, dass unter den gemachten Voraussetzungen dunklere und hellere Stellen entstehen müssen, welche sowohl nach Länge als quer mit einander abwechseln.

Hiermit erscheint mir nun im Allgemeinen das Räthsel gelöst, wie die musivisch angeordneten lichtempfindenden Elemente der Zapfen und Stäbchenschicht die primären schachbrettartigen Felderchen der Lichtschattenfigur zu erzeugen im Stande sind, wenn sie durch die Spalten der rotirenden Pappscheibe im Vorübergleiten erhellt werden.

An der linearen Lichtschattengrenze der Spalten muss nämlich nothwendigerweise eine ungleichmässige Vertheilung des Lichtes in den nach Brücke katoptrisch und lichtsondernd wirkenden Elementen der Zapfen und Stäbchenschicht, nach einem bestimmten mit ihrer Anordnung zusammenhängenden Gesetze, objectiv stattfinden.

Bei dem Fortgleiten der hellen Spaltenbilder über die Retina muss sich ferner diese objective ungleichmässige Vertheilung von Hell und Dunkel über das ganze Sehfeld verbreiten; und, indem die Lichteindrücke eine messbare Zeit nachwirken, so wird endlich, je nach der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe, der Breite und Anzahl der Spalten etc., ein Beharrungszustand erzeugt, durch welchen diese objectiven Erhellungsdifferenzen subjectiv zur Wahrnehmung kommen.

Eine Anwendung der von Bergmann erörterten Verhältnisse auf unseren Fall darf man sich um so eher erlauben, als eine mit Spalten versehene rotirende Scheibe gewissermassen auch als ein Gitter von dunklen und hellen Streifen, deren Breite von der Breite und Anzahl der Spalten und von der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe abhängt, betrachtet werden kann.

So wie die von Bergmann erörterten Consequenzen nur für Gitter von ganz bestimmten relativen Dimensionen gelten, eben so treten die primären Felderchen der Lichtschattenfigur nur bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe auf.

Ich habe gefunden, dass man eine Scheibe mit weniger Spalten im Allgemeinen schneller drehen müsse als eine solche mit mehr

Spalten, um die Erscheinung zu erzeugen, und dass, wenn man eine und dieselbe Scheibe in zu schnelle oder zu langsame Rotation versetzt, keine Spur derselben zu Stande kommt. Im ersten Falle erscheint das Gesichtsfeld als eine ungefleckte graue Fläche, im zweiten Falle sieht man einfach den Ortswechsel der durchbrochenen und undurchbrochenen Stellen der vor den Augen rotirenden Scheibe.

Ausser der eben gegebenen allgemeinen Erklärung, warum bei der bekannten Nachdauer des Lichteindruckes eine mit Spalten versehene, mit bestimmter Geschwindigkeit rotirende Pappscheibe, ähnlich dem feinen Bergmann'schen Gitter aus weissen und schwarzen Stäben, eine objective, gruppenweise wechselnde Vertheilung von Hell und Dunkel in den musivisch angeordneten Elementen der Zapfen-Stäbchenschicht bedingen könne und müsse, lässt sich für jetzt wohl keine speciellere Ableitung der primären Erscheinung der Lichtschattenfigur geben.

Namentlich dürfte es bei der Unkenntniss der speciellen Anordnung und Form der lichtempfindenden Seheinheiten nicht leicht möglich sein zu deduciren, warum die primären Formen der Lichtschattenfigur gerade als viereckige Felderchen imponiren.

Gerade in dieser Richtung liegt aber für die weitere Forschung eine in anatomisch-physiologischer Beziehung wichtige und interessante Aufgabe, welche der „Lichtschattenfigur" eine unverkennbare wissenschaftliche Bedeutung sichern und dieselbe vor der Gefahr, wieder in Vergessenheit zu gerathen, schützen dürfte.

Eine genauere Ableitung des Details dieser Erscheinung scheint namentlich einige Anhaltspunkte zur Entscheidung der offenen Frage zu versprechen, ob die Zapfen allein oder zum Theil auch die Stäbchen die eigentlichen lichtempfindenden Elemente und Seheinheiten der Retina sind?

Dass aber die angedeutete objective Erklärung wesentlich richtig sei und, dass die Erscheinung nicht etwa auf einem rein subjectiven, durch den raschen blos zeitlichen Wechsel von Erhellung und Verdunkelung der „Sehsinnsubstanz" hervorgerufenen Vorgang beruhe, wird wohl von Niemanden mehr bezweifelt werden.

Dafür spricht auch noch der Umstand, dass weder ich noch mein Freund Prof. Pierre und sein Assistent Herr Lippich eine

Spur der primären Lichtschattenfigur bemerken konnten, als wir im Finstern eine mattgeschliffene Glastafel betrachteten, welche durch glänzende elektrische Funken in raschen Unterbrechungen hell erleuchtet wurde.

Freilich hat Purkyně Fragmente des primären Würfelfeldes unter den verschiedensten Bedingungen — beim Druck auf's Auge, beim gehemmten Blutverlauf, in nervösen Zuständen etc. — beobachtet und ich habe an mir selbst ähnliche Erfahrungen gemacht, allein ich bin weit entfernt zu glauben, dass sich hierauf irgend ein stichhaltiger Einwand gegen den obigen Erklärungsversuch gründen lässt, indem in diesen Fällen offenbar ganz andere Bedingungen in's Spiel kommen und überdies die Erscheinung mit der Lichtschattenfigur selbst nicht vollkommen identisch ist.

Was die sogenannten secundären Gestalten der Lichtschattenfigur betrifft, so kann man dieselben mit Purkyně auf die Grunderscheinung der primären Würfelfelder zurückführen. Purkyně sagt l. c. pag. 19: „Je nachdem nämlich verschiedene Reihen von diesen auf der einen oder der anderen, oder an beiden Seiten zugleich heller sind, bilden sie auch verschiedene Linien, die dann in ihrer Relation gegen einander die secundären Figuren geben. Jedoch sind jene zuerst beschriebenen (der Achtstrahl, das Schneckenrechteck) bei mir am beständigsten. Dass sie bei anderen ganz verschieden aussehen mögen, bin ich sehr geneigt zu glauben und ich meine, dass es vorzüglich von der synthesirenden Thätigkeit des Sinnes abhänge, welche Reihen aufgefasst und zur Einheit verbunden werden, und dass wenn mehrere Reihen nach denselben räumlichen Verhältnissen öfters verbunden worden, eine Geneigtheit zurückbleibt, dieselben wieder leichter heraus zu finden."

Immerhin bleibt es fraglich, ob man nicht später vielleicht in der Anordnung der Elemente der Stäbchen-Zapfenschicht objective Anhaltspunkte zur Erklärung der secundären Figuren entdecken wird.

Für einigermassen verschieden von den erörterten primären und secundären Gestalten der Purkyně'schen Lichtschattenfigur muss ich vorläufig, wie gesagt, die von mir beschriebene Mosaik von Scheibchen erklären, welche unter ähnlichen Umständen wie jene, beiläufig im Bereiche des gelben Fleckes auftritt.

Diese Mosaik sehe ich nämlich mitunter mit einer solchen Schärfe und Bestimmtheit, dass ich mich der Vorstellung nicht

erwehren kann, es handle sich dabei nicht wie dort um eine blos unbestimmt begrenzte, gruppenweise wechselnde Vertheilung von Licht und Schatten in den Elementen der Zapfen-Stäbchenschicht, sondern um ein treues vergrössertes Abbild der einzelnen, mosaikartig angeordneten Zapfen oder „Zapfenstäbchen" selbst.

Als objectiv vergrössert müsste man aber dieses Abbild ansehen, weil die einzelnen Scheibchen unzweifelhaft unter einem sehr merklich grösseren Gesichtswinkel erscheinen, als dem Durchmesser der Zapfen oder Zapfenstäbchen entspricht, und weil die Anzahl der Scheibchen auf der Flächeneinheit offenbar geringer ist als die wirkliche der genannten Elemente.

Hält man diese Vorstellung fest, so ist es vorläufig nicht möglich eine plausible Erklärung von der Entstehung dieser Mosaik zu geben.

Denn wenn man sich auch recht gut denken kann, dass sich unter den von Brücke mit so vielem Scharfsinn aufgedeckten katoptrischen Verhältnissen der Stäbchenschicht in den stark lichtbrechenden, in eine weniger stark lichtbrechende Substanz eingebetteten Zapfenstäbchen oder Zapfen leicht eine kreisförmige, hellleuchtende Caustica bilden könnte, so sieht man doch nicht recht ein, wie hierdurch ein vergrössertes mosaikartiges Abbild einer ganzen Gruppe dieser Elemente entstehen sollte.

Mag dem sein wie ihm wolle, immerhin glaube ich durch die vorliegende Mittheilung einen kleinen Beitrag zur Physiologie der Netzhaut geliefert und die besprochenen Erscheinungen der Aufmerksamkeit hinreichend empfohlen zu haben.

IV. SITZUNG VOM 31. JÄNNER 1861.

Der Secretär gibt Nachricht von dem Ableben des auswärtigen correspondirenden Mitgliedes, Herrn Dr. Wilhelm Wertheim, in Paris.

Herr Prof. Dr. J. Purkyně dankt mit Schreiben vom 28. Jänner l. J. für seine Wahl zum wirklichen Mitgliede der Akademie.

Eingesendet wurden folgende Abhandlungen:

1. „Nouvelle théorie sur l'origine et le mouvement des comètes", von Mehemed Ali Efendi, Oberstlieutenant im türkischen Geniecorps, durch das c. M., Freiherrn v. Schlechta.
2. „Beiträge zur österreichischen Grottenfauna", von Herrn Dr. H. Wankel, durch Herrn Regierungsrath, Prof. Hyrtl.
3. „Mineralwasser-Analyse des Bronislawbrunnens in dem Badeorte Truskawieč auf der Cameralherrschaft Drohobycz in Galizien", von Herrn R. Günsberg, Assistenten am chemischen Laboratorium der k. k. technischen Akademie zu Lemberg.
4. „Über die Gesetze der Doppelbrechung", von Herrn Dr. V. von Lang, d. Z. in Paris.

Herr Prof. Kner übergibt die vierte Fortsetzung seiner Abhandlung: „Über den Flossenbau der Fische".

Herr Prof. Brücke legt eine Abhandlung „über den Metallglanz" vor.

Herr Director v. Littrow überreicht eine Abhandlung: „Physische Zusammenkünfte der Asteroiden im Jahre 1861".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie, königl. bayer., zu München, Grenzen und Grenzgebiete der physiologischen Forschung. Festrede von E. Harless. — Einleitende Worte zur Feier des allerhöchsten Geburtsfestes Sr. Majestät des Königs Maximilian II., gesprochen von Just. Freih. v. Liebig. — Rede auf Sir Thomas Babington Macaulay,

den Essayisten und Geschichtschreiber Englands. Vorgetragen von Georg Thomas von Rudhart. — Gedächtnissrede auf Friedrich von Thiersch. Vorgetragen von Georg Martin Thomas. — Verzeichniss der Mitglieder der k. b. Akademie der Wissenschaften. 1860. München, 1860; 4°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. Band. XLI, Heft 1. Leipzig und Heidelberg, 1861; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1291 und 1292. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, III. u. IV. Heft. Wien, 1861; 8°.

Bauzeitung, Allgemeine, XXV. Jahrgang, 10., 11. und 12. Heft sammt Atlas. Wien, 1860; Fol. und 4°.

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 3e et 4e. Livraison. Paris, 1861; 8°.

Flora, oder allgem. botan. Zeit., Nr. 39—48. Regensburg, 1860; 8°.

Gazette méd. d'Orient, IVe Année, Nr. 10. Constantinople, 1861; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, herausgegeben von G. F. Walz und F. L. Winckler. Band XIV, Heft 6. Heidelberg, 1860; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 3. Wien, 1861; kl. 4°.

Ludwig, K., Lehrbuch der Physiologie des Menschen. II. Band, 2. und 3. Abtheilung. Zweite neu bearbeitete Auflage. Leipzig und Heidelberg, 1860 und 1861; 8°.

Verein, geognostisch-montanistischer, für Steiermark, X. Bericht. Gratz, 1861; 8°.

Villa, Antonio, Sull' origine delle perle e sulla possibilità di produrle artificialmente. Relazione. (Extr. dal Politecnico Fasc. 48, Giugno 1860.) Milano, 1860; 8°. — Osservazione zoologiche, eseguite durante l'ecclisse parziale di sole del 18 luglio 1860. (Extr. dagli Atti della Società Italiana di Scienze naturali, Vol. II.) Mil., 1860; 8°. — Straordinaria apparizione di insetti carnivori. (Extr. dal Giorn. Ing. Arch. ed Agron. anno VIII.) Milano, 1860; 8°.

Wiener mediz. Wochenschrift, XI. Jahrg. Nr. 3 u. 4. Wien, 1861; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. X. Jahrgang, Nr. 7. Gratz, 1861; 4°.

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereines, XII. Jahrgang, 10.—12. Heft. Wien, 1861; 4°.

Über den Metallglanz.

Von dem w. M. Prof. Ernst Brücke.

Am 11. December 1860 sandte mir Herr Dr. Schuh, Bezirksarzt zu Ragendorf in Ungarn, sechs kleine Harnsteine, die aus der Blase und Harnröhre eines Ochsen entnommen waren. Fünf hatten die Grösse von Hasenschrot und waren rundlich; einer, fast dreimal so gross, bestand aus drei durch aufgelagerte Schichten vereinigten Concrementen, der sechste war so gross wie eine Bohne, unregelmässig von Gestalt, und gleichfalls durch Vereinigung mehrerer entstanden. Sie zeichneten sich sämmtlich durch einen höchst auffallenden Metallglanz aus. Derselbe war so täuschend, dass man die Concretionen, wenn man ihre sonstigen Eigenschaften nicht geprüft, für Körner eines goldähnlichen Metallgemisches hätte halten können. Ich wickelte eines der Steinchen in Papier und führte mit dem Hammer einen leichten Schlag darauf. Sofort zerfiel es in lauter Bruchstücke von dünnen concentrischen Schalen, aus denen das ganze Concrement zusammengesetzt war. Völlig glatt an ihrer äusseren und inneren Oberfläche zeigten sie noch deutlichen Metallglanz, die dünnsten waren durchscheinend, die dickeren opak. Ich kochte einen Theil dieser Bruchstücke in Terpentinöl aus um die in- und adhärirende Luft zu entfernen und durch einen stark lichtbrechenden Körper zu ersetzen; sie wurden dabei durchsichtiger und verloren ihren Metallglanz. Ich schloss sie nun in Dammarlack ein und betrachtete sie unter dem Polarisationsmikroskop; sie waren sehr deutlich doppelbrechend und gaben bei gekreuzten Nikol'schen Prismen theils das primäre Grau, theils auch höhere Farben; hier und da waren kleine sehr zierliche Ringsysteme mit schwarzen Kreuzen eingestreut. Eine andere Portion der

Bruchstücke wurden in verdünnter Essigsäure gelöst; es entwickelte sich dabei viel Kohlensäure und die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt ausser freier Essigsäure essigsauren Kalk und eine geringe Menge essigsaurer Bittererde.

Was von der Essigsäure nicht gelöst worden war erwies sich unter dem Mikroskop als die organische Grundlage, die bräunlich von Farbe, noch die Form der Bruchstücke beibehalten hatte. Sie war nunmehr völlig weich, ohne doppelbrechende Eigenschaften, zeigte einen lamellösen Bau, aber keine Structur im histologischen Sinne des Wortes. Das Concrement hatte also bestanden aus dieser organischen Grundlage mit krystallisirtem kohlensaurem Kalk und einer Beimischung von kohlensaurer Bittererde.

Ich hatte in meiner Sammlung noch Harnsteine von einem andern Rinde. Dem untersuchten in der Form ähnlich, aber wenig glänzend, waren sie braun von Farbe und hatten einen kaum merklichen metallischen Schimmer. Abgesehen vom geringeren Glanze zeigten sie etwa das Ansehen jener Zinkgusswaaren, die man mit einem braunen Firniss überzogen hat um ihnen das Ansehen von oxydirter Bronze zu geben. Sie zerfielen nicht wie jener beim Zertrümmern sofort in concentrische Schalenstücke, sondern zerbrachen unregelmässig; doch waren sie geschichtet und nachdem die Bruchstücke mit Essigsäure ausgezogen waren, liess sich der lamellöse Bau der hier dunkler gefärbten organischen Grundlage deutlich erkennen. In ihrer chemischen Zusammensetzung unterschieden sie sich dadurch, dass sie ausser kohlensauren noch eine geringe Menge von phosphorsauren Erden enthielten.

In Steiermark werden bisweilen Gemsen geschossen, deren Zähne am Rande des Zahnfleisches einen schön goldglänzenden Beleg tragen. Unter den Jägern geht die Sage, dass in unzugänglichen Felsklüften goldhaltige Quellen fliessen, mit deren Wasser die Thiere ihren Durst gelöscht haben. Ich habe einmal einen Unterkiefer mit solchem goldglänzenden Zahnstein in Händen gehabt, den unser verstorbener College V. Kollar in eine unserer Sitzungen brachte. Ich habe damals keine chemischen Versuche angestellt, aber schon mit blossen Augen und noch deutlicher mit der Loupe den lamellösen Bau erkannt und zweifle nach meinen Erinnerungen nicht, dass jener Beleg ein unseren goldglänzenden Harnsteinen ganz analoges Gebilde war.

Bei Betrachtung der letzteren dachte ich darüber nach, woher denn ihr so höchst auffallendes metallisches Aussehen rühre und wurde hierdurch dazu geführt zu untersuchen, worin denn das Wesentliche, das Charakteristische des Metallglanzes bestehe und worin derselbe seinen Grund habe.

Früher als man den Metallen unverhältnissmässig hohe Brechungsindices zuschrieb, konnte man die Eigenthümlichkeit ihres Glanzes hiermit in Verbindung bringen, obgleich es nicht klar war, wie uns bei der Undurchsichtigkeit dieser Körper aus der grossen optischen Dichtigkeit derselben eine bestimmte Sensation erwachsen sollte. Jetzt muss man diesen Punkt gänzlich fallen lassen. Jene hohen Brechungsindices waren aus dem Winkel des Polarisationsmaximums berechnet; seitdem hat aber Cauchy gezeigt, dass man ganz andere Resultate erhält, wenn man den Brechungsindex nach seinen in so vielen anderen Punkten durch die Erfahrung bestätigten Formeln berechnet. Er findet ihn nach diesen beim Quecksilber = 1·7, also kleiner als den des Spinell und etwa dreimal kleiner als man ihn früher angenommen hatte.

Ebenso wenig kann man das Specifische des Metallglanzes von der elliptischen Polarisation ableiten, welche die Metalle bei der Reflection einem geradlinig polarisirten Strahl mittheilen, dessen Polarisationsebene weder mit der Einfallsebene parallel liegt, noch auch senkrecht auf derselben steht. Abgesehen davon, dass wir im geradlinig polarisirten Lichte die von unserem geehrten Collegen Haidinger entdeckten Büschel sehen, gibt uns das blosse Auge keinen Aufschluss über den Polarisationszustand der in dasselbe eindringenden Schwingungen. Dass der specifische Eindruck des metallischen von diesem völlig unabhängig ist, sieht man leicht, wenn man irgend einen metallenen Gegenstand durch ein Nicol'sches Prisma beobachtet. Dann dringt nur gradlinig polarisirtes Licht in unser Auge; das Metall hat nach wie vor sein metallisches Ansehen: man dreht das Prisma durch alle Azimute, die Intensität des Glanzes, bis zu einem gewissen Grade auch die Farbe ändern sich, aber das Ansehen bleibt metallisch.

Wir müssen somit nach anderen Kriterien suchen, nach solchen, bei denen wir einen directen Zusammenhang mit unseren Gesichtsempfindungen nachweisen können.

Bei den nicht metallisch glänzenden Körpern ist die Farbe des an ihrer Oberfläche gespiegelten Lichts unabhängig von der Localfarbe, wenn ich unter Localfarbe diejenige Farbe verstehe, welche dem Körper an und für sich zukommt. Das gespiegelte Licht hat die Farbe des einfallenden. Es ist dies eine Thatsache die wohl einzelnen längst bekannt, von Oersted durch zahlreiche Beispiele erläutert und allgemein zur Anerkennung gebracht wurde. Später fand Arago, dass das Licht der Localfarbe unvollkommen polarisirt sei und zwar senkrecht auf die Einfallsebene. Er schloss daraus, dass es aus dem Innern des Körpers hervorkomme, während das in der Einfallsebene polarisirte Licht des Glanzes an der Oberfläche reflectirt wird.

Betrachtet man im gewöhnlichen Tageslichte eine farbige glänzende Fläche z. B. ein farbiges Glanzpapier oder eine polirte Tischplatte unter geeignetem Winkel durch Haidinger's dichroskopische Loupe und dreht dieselbe so, dass der Hauptschnitt des Kalkspathes mit der Einfallsebene parallel liegt oder mit ihr einen Winkel von 90 Grad macht, so hat man zwei Bilder, von denen das eine, das vom gespiegelten Lichte herrührende, nahezu weiss ist, das andere die Localfarbe des Papieres oder des Tisches zeigt, eine Beobachtung, die in dieser Form zuerst von Botzenhart [1]) gemacht wurde und welche sehr geeignet ist anschaulich zu machen, dass in diesen Fällen die Farbe des Glanzes nichts mit der Localfarbe und die Localfarbe nichts mit ihm zu schaffen hat.

Anders verhält es sich bei den Metallen, hier ist die Localfarbe durch die Farbe des gespiegelten Lichtes bedingt, oder richtiger gesagt, die Farbe, welche wir dem Metalle zuschreiben, ist die des gespiegelten Lichtes, das einfallende als weiss angenommen; also ein rothes Metall glänzt roth, ein gelbes Metall glänzt gelb.

Wenn man den Botzenhart'schen Versuch mit einem lebhaft gefärbten Metalle z. B. mit Gold anstellt, so zeigen sich beide Bilder auffällig verschieden. Das in der Einfallsebene polarisirte ist viel heller und hat einen Stich in's Röthliche, das andere zeigt eine gesättigt goldgelbe Farbe. Noch auffallender ist der Farbenunterschied beider Bilder beim Kupfer. Man könnte desshalb glauben es finde hier dasselbe Statt wie bei den nicht metallglänzenden Körpern, das Resultat sei nur weniger schlagend, weil von den Metallen das

---

[1]) Poggendorff's Annalen. LXVIII, 291.

gemeine Licht, selbst wenn es unter dem Winkel des Polarisationsmaximums einfällt, nur höchst unvollständig polarisirt wird. In der That und Wahrheit aber hat das Resultat, welches der Botzenhart'sche Versuch bei Metallen gibt, einen ganz anderen Sinn.

Von Sir David Brewster, Mac-Cullagh, Cauchy, de Sénarmont und Jamin, ist die Reflection des Lichtes an Metallen mit solchem Erfolge studirt worden, dass sie jetzt mit zu den bestangebauten Gebieten der Optik gehört und der zuletzt genannte Gelehrte eine Theorie der Farben der Metalle aufstellen konnte, welche nicht weniger direct auf den allgemeinen Principien der Undulationstheorie beruht, als die Erklärung der Brechungs- und der Beugungsfarben, der Farben des Newton'schen Ringsystems u. s. w.

Bei diesen Untersuchungen ergab es sich aus Cauchy's Formeln unter Zuziehung der von Jamin experimentell ermittelten Constanten, dass die farbigen Metalle bei der Reflection die Farbe des weissen Lichtes anders modificiren, wenn es in der Einfallsebene, anders wenn es senkrecht auf dieselbe polarisirt ist, und zwar so dass sie mit letzterem Azimut im Ganzen eine mehr gesättigte Farbe geben, mit ersterem eine mehr blasse [1]). Da wir uns nun das gemeine Licht vorzustellen haben als eine Succession von Schwingungen mit fortwährend wechselnden Azimuten, von denen jede einzelne sich bei der Reflection ebenso verhält wie eine Undulation eines unter ihrem Azimute polarisirten Lichtwellenzuges von gleicher Amplitude und Schwingungsdauer, so ist es klar, dass wir nicht zwei Bilder von gleicher Farbe erhalten können, wenn wir das vom Metall reflectirte Licht in solches zerlegen, das in der Einfallsebene und in solches, das senkrecht auf die Einfallsebene polarisirt ist. Aber das Licht beider Bilder, die wir mittelst der dichroskopischen Loupe wahrnehmen, ist gespiegeltes Licht: von diesem also hängt die Farbe ab, die wir dem Metall zuschreiben, und die Farbe des Metalls ist die Farbe seines Glanzes. Dieser innige Zusammenhang zwischen Glanz und Farbe ist etwas, was sich dem Auge unmittelbar aufdrängt und uns bestimmt auch gewisse nicht metallische Körper, an denen er sich findet, als metallglänzend zu bezeichnen. Wenn

---

[1]) J. Jamin: Über die Farben der Metalle. Poggendorff's Annalen. LXXIV, 528. — Ann. de chim. et de phys., Ser. III. T. XXII, p. 311.

wir aber die charakteristischen Eigenschaften des Metallglanzes erschöpfend betrachten wollen, so müssen wir noch auf ein paar andere Punkte Rücksicht nehmen.

Ein Punkt, der in Beziehung auf die innere Ursache der Erscheinungen auf's engste mit dem vorhergehenden zusammenhängt, ist die Undurchsichtigkeit der Metalle. Wir sehen nie etwas durch ihre Oberfläche hindurch, sondern alles nur an der Oberfläche oder von derselben gespiegelt. Wir werden desshalb auch keinen nicht metallischen Körper als metallglänzend bezeichnen, der nicht wenigstens in so weit opak ist, dass uns seine Durchsichtigkeit bei der gewöhnlichen Betrachtung nicht auffällt, mit anderen Worten, keinen Körper, bei dem das etwa aus der Tiefe kommende Licht nicht von dem an der Oberfläche reflectirten vollständig verdeckt wird.

Ein dritter Punkt, der die Metalle in hohem Grade auszeichnet, ist die Intensität ihrer Lichtreflection selbst bei mangelhafter Politur. Es ist dies einerseits begründet in ihrem hohen Reflectionsvermögen als solchem, andererseits in ihrer Zähigkeit. Der Strich auf einer spröden polirten Substanz wie Glas oder Edelstein ist für das blosse Auge matt und ebenso ein System von solchen Strichen; aber der Strich auf einem regulinischen Metalle ist eine glänzende Furche.

Um die volle Wirkung vom Metallglanze zu haben, muss man die Oberfläche als solche sehen. Ist ein Metallspiegel höchst vollkommen geschliffen und polirt, und man befindet sich in einiger Entfernung von ihm, so verschwindet die Oberfläche ganz, man sieht nur noch sein Bild in demselben und es ist zweifelhaft, ob ein Mensch, der nie einen solchen Spiegel gesehen hat, ihn ohne nähere Prüfung als Metallplatte erkennen würde, auch wenn er sonst mit metallischen Gegenständen vertraut wäre. Wenn man dagegen die Oberfläche mit ihren Schliffstreifen und Politurfehlern sieht, so erkennt man gerade an der Beschaffenheit solcher fehlerhafter Stellen mit Rücksicht auf den eben besprochenen Punkt, dass man es mit einem Metalle zu thun hat.

Es lässt sich zeigen, dass uns durch Rauhigkeit der Oberfläche bei gleichzeitig starker Lichtreflection auch von Gegenständen, die an sich keinen Metallglanz haben, die Vorstellung von etwas metallischem erregt werden kann. Das nächste Beispiel dafür sind die Silberstreifen, welche der Mond über leicht vom Abendwinde bewegte Wasserspiegel ausgiesst.

Die kleinen Wellen lassen uns aus der Ferne die Oberfläche des Wassers als rauh erscheinen und die gleichzeitige starke Lichtreflection gibt ihr ein metallisches Ansehen, metallischer als das der Mondscheibe selbst.

Es liegt mir nun ob, noch an einigen Beispielen von Metallglanz an Körpern, die keine Metalle sind, zu zeigen, wie sich auch hier die Bedingungen finden, durch welche wir vermocht werden, den Glanz als metallisch zu bezeichnen. Diese Bedingungen waren, um es kurz zu wiederholen:

Zusammenhang zwischen Glanz und Farbe, relative Undurchsichtigkeit, verhältnissmässig starker Glanz auch bei mangelhafter Glätte.

Ich kann hier nicht näher eingehen auf den reichen Schatz von Beobachtungen an gewissen schön gefärbten Salzen, der uns von unserem geehrten Çollegen Haidinger in unseren Sitzungsberichten und in Poggendorff's Annalen aufbehalten ist. Ihre weitere Bearbeitung muss denen verbleiben, welche die krystallographische Optik zu ihrem Fache gemacht haben. Ich will nur an einige Thatsachen anknüpfen, die theils aus dem alltäglichen Leben bekannt, theils gewöhnliche Waare auf dem grossen Markte der Wissenschaft sind.

Eine allgemein bekannte Erscheinung ist der Metallglanz bei totaler Reflection. Wie kommt er zu Stande? Zunächst ist es die Intensität der Reflection selbst, die Grösse der zurückstrahlenden Lichtmenge, welche an die metallische Reflection erinnert, aber die Täuschung wird erst vollkommen dadurch, dass von der spiegelnden Stelle kein dioptrisch gesehenes Licht in unser Auge gelangt. Hierdurch werden die zwei anderen wesentlichen Bedingungen erfüllt: erstens, dass die reflectirende Fläche als die Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers erscheint, und zweitens, dass von ihr kein Licht zum Auge gelangt, das sich durch seine Farbe von der des Glanzes, unterscheiden und so als Localfarbe des glänzenden Körpers gelten könnte. Man giesse auf einen Tisch am Fenster etwas Wasser, und setze darauf ein mit Wasser gefülltes Becherglas so, dass an der unteren Fläche desselben einige Luftblasen haften bleiben; dann erscheinen dieselben, wenn man das Gesicht gegen das Fenster gewendet schief durch das im Glase befindliche Wasser auf sie hinblickt, genau wie Quecksilbertropfen

plattgedrückt durch die Schwere des Glases. Dieser Anblick ist noch viel frappanter als der des bekanntlich an einem Reagirglase, das man leer in einem Cylinder mit Wasser untergetaucht hat, erscheinenden Metallglanzes.

Die Reflection braucht übrigens nicht vollständig an einer Fläche zu erfolgen. Auch ein System dicht hinter einander liegender Flächen kann denselben Effect herrvorrufen. So erscheint z. B. eine aufgeblätterte Glimmerplatte metallglänzend auch unter Winkeln unter denen jede einzelne Lamelle nicht total reflectirt, wenn nur durch Summirung der auf einander folgenden Reflexe alles etwa durchgehende Licht vollständig verdeckt wird.

Die aufgeblätterte Glimmerplatte führt uns zu einer andern Gruppe von Beispielen, zu den metallglänzenden Schillerfarben der Federn. Warum hat der Glanz der Pfauenfedern, der Halsfedern der Haustaube u. s. w. etwas deutlich metallisches?

Ich habe zunächst Federn vom Halse einer grauen Haustaube untersucht.

Der Schiller liegt nur auf der Aussenfläche und auch hier nur auf dem peripherischen Theile der Federn, in dem die Strahlen verhältnissmässig fest und starr, nicht daunenartig sind.

Die Farbe ändert sich beim Übergange von der senkrechten zur streifenden Incidenz von Roth in Grün, oder von Grün in Roth. Wenn man die Feder benetzt, so verschwinden die Farben und kehren wieder, wenn sie wieder trocken wird. Man wendet zu diesem Versuche am besten Weingeist an, weil er leichter von der Feder aufgenommen wird als Wasser und rascher wieder verdunstet.

Bei der Untersuchung unter dem Mikroskop und im auffallenden Lichte bemerkt man die Zellen, von denen die Farbe ausgeht. Die Grenzlinien, an denen je zwei Zellen aneinander gefügt sind, erscheinen dunkel, so auch die Kerne wo sie sich unterscheiden lassen. Da mich das dunkle Pigment an einer mikroskopischen Untersuchung bei durchfallendem Licht hinderte, so nahm ich eine weisse Haustaube zu Hilfe. Hier ist das Spiel der Farben natürlich sehr viel schwächer wegen der grossen Menge weissen Lichtes, das ihnen beigemischt wird, aber sie sind doch nicht nur für die Untersuchung mit blossen Augen, sondern auch für das Mikroskop hinreichend deutlich; ja letzteres zeigt sie sogar in unerwarteter Schönheit, wahrscheinlich desshalb, weil an sehr stark mit Weiss gemischten Farben bei

bis zu einem gewissen Grade abnehmender Lichtstärke der Ton deutlicher hervortritt. Bei der mikroskopischen Untersuchung der trockenen Feder zeigten sich hier auch die Farben des durchfallenden Lichtes, natürlich schwächer als die des auffallenden, wie sich dies ja beim Newton'schen Farbenglase aus bekannten Gründen auch so verhält. Die Kerne lagen als wasserhelle Flecken in ihrer relativ dunkleren und gefärbten Umgebung, gegen die sich auch die Grenzlinien der aneinander stossenden Zellen nunmehr hell absetzten, so dass also dieselben Theile, die wir früher beim auffallenden Lichte dunkel und farblos gefunden hatten, nunmehr hell und farblos erschienen. Befeuchtete ich die Feder mit Weingeist, so hellten sich die gefärbten dunkleren Partien auf und als ich sie mit Terpentinöl und Dammarfirniss tränkte, wurde alles so glashell durchsichtig, dass die Zellengrenzen, die sich früher als helle farblose Linien auf dunklerem, gefärbtem Grunde ausgezeichnet hatten, nur noch schwach sichtbar blieben. An einzelnen Stellen, die von der Firnissmasse nicht vollständig durchdrungen waren, fanden sich dunkle meist in die Länge gezogene mikroskopisch kleine Blasenräume.

Aus diesem allen scheint mit hinreichender Deutlichkeit hervorzugehen, dass die Farben des Taubenhalses Farben dünner Blättchen sind, und als solche durch zwei Reflectionen hervorgebracht werden, von denen die eine beim Übergange von Licht aus der Luft in einen festen Körper, die andere beim Übergange von Licht aus einem festen Körper in Luft entsteht. Die Oberhaut der Chamäleonen zeigt gleichfalls Schillerfarben, von denen ich an einem andern Orte [1]) ausführlich nachgewiesen habe, dass sie wie die Farben der Newton'schen Ringe entstehen. Dort ist der Abstand der reflectirenden Flächen sehr ungleichmässig, so dass das Mikroskop an einer und derselben Zelle immer mehrere Farben gleichzeitig nachweist. An den Taubenhalsfedern ist dies in geringerem Grade der Fall, so dass eine Farbe stets die Hauptfarbe ist, neben der nur hier und da, andere auftreten. Für die mikroskopische Untersuchung, bei der zunächst die Strahlen in Betracht kommen, die mit dem Einfallslothe verhältnissmässig kleine Winkel machen, ist die Hauptfarbe des auffallenden Lichtes bei den meisten Zellen Grün, die des durchfallenden Roth.

---

[1]) Über den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denksch. IV, 179.

Zu einem viel weniger vollständigen Ergebniss führte mich die Untersuchung der durch die Schönheit ihrer Schillerfarben und die Deutlichkeit ihres Metallglanzes so ausgezeichneten Schwanzfedern der Pfauen. An den gefärbten hinderte mich bei der mikroskopischen Untersuchung das dunkle, braune Pigment und die Schwanzfeder eines weissen Pfaues die ich zur Vergleichung herbeizog, zeigte keine Spur von Schillerfarben; es waren je nach der Beleuchtung nur Matt und Glanz auf ihr verschieden vertheilt, ähnlich wie dies bei Damastgeweben der Fall ist. Noch in einem andern Punkte weichen die Pfauenfedern wesentlich von denen des Taubenhalses ab. Sie verlieren durch Benetzen ihre Schillerfarben nicht, ja selbst durch Auskochen in Terpentinöl werden dieselben nicht zerstört, sondern nur in Glanz und Farbenton etwas verändert. Die Angabe, dass der Schiller der Pfauenfedern von Furchensystemen wie bei den irisirenden Knöpfen herrühre, scheint mir ganz unbegründet. Ich habe solche mit den besten Vergrösserungsmitteln nicht auffinden können. Auch lassen sich die Erscheinungen nicht nach dem Princip der irisirenden Knöpfe, wohl aber nach dem der dünnen Blättchen erklären. Legt man das mit dem sogenannten Auge versehene peripherische Ende einer Pfauenfeder zwischen sich und einer Lichtquelle horizontal auf eine Unterlage, die sich um eine verticale Axe dreht; so wird man finden, dass die Farben durch alle Phasen der Drehung dieselben bleiben; hebt oder senkt man aber die Feder, dann ändern sich die Farben sofort; sie sind also unabhängig von der Orientirung und nur abhängig von der Incidenz. Beim Übergange aus der senkrechten in die streifende Incidenz verändert sich Grün durch Blau in Purpur und andererseits Kupferroth in Grün.

Nach diesen Vorbemerkungen über die Schillerfarben der Federn gehen wir zu den Eigenschaften über, welchen sie ihren Metallglanz verdanken. Zunächst ist es wieder der Zusammenhang von Glanz und Farbe, der hier natürlich durch die Interferenzfarben als solche bedingt wird; zweitens ist es die Undurchsichtigkeit, deren Einfluss hier recht fühlbar wird, indem die Halsfedern weisser Tauben trotz ihres Schillers keine Spur von metallischem Ansehen, sondern nur eine Art von Perlmutterglanz zeigen. Endlich ist auch die dritte Bedingung realisirt, grosse Intensität des Glanzes, und der Grad desselben bestimmt an den verschiedenen Theilen der Feder wesentlich mit das mehr oder weniger metallische Aussehen. Abgesehen

davon machen uns an den Federn die kupferrothen und goldgelben Stellen stets vollkommener den Eindruck des Metallischen als die anders gefärbten, weil sich an sie direct die Vorstellung von einem bestimmten uns schon bekannten Metalle knüpft.

Nehmen wir jetzt ein paar Beispiele, an denen sich anscheinend das nicht bestätigt, was ich oben über den Zusammenhang von Glanz und Farbe bei den metallglänzenden Körpern gesagt habe. Wir werden bald sehen, dass diese Nichtbestätigung nur eine scheinbare ist. Das natürlich vorkommende rothe Eisenoxyd, der Blutstein, ist roth, sein Glanz ist weiss, respective grau, wie der des Eisens und dabei metallisch. Hier haben wir also allem Anscheine nach einen Metallglanz, dessen Farbe mit der Localfarbe nichts zu schaffen hat; und doch ist das Verhältniss beider zu einander ein ganz anderes als bei den nicht metallisch glänzenden Körpern: das sehe ich sogleich, wenn ich eine glänzende Stelle der Oberfläche des Blutsteins durch die dichroskopische Loupe betrachte: ich erhalte dann nicht wie bei rothem Papier oder rothem Siegellack ein Bild das weiss oder grau und ein zweites Bild das roth ist: beide Bilder sind grau, das eine heller das andere dunkler. Der Unterschied liegt also darin, dass das Siegellack da wo es glänzt auch roth ist und ebenso das rothe Papier, dass aber der Blutstein zwar da wo er matt ist eine rothe Farbe zeigt, aber da wo er glänzt nicht roth ist sondern grau. Daher macht mir bei der Undurchsichtigkeit des Körpers sein Glanz denselben Eindruck des Metallischen, wie der Glanz von Eisen oder von Graphit.

Ein ähnliches Beispiel ist der Indigo. Der Indigo ist blau, sein Glanz ist kupferroth und metallisch; aber da wo er metallisch glänzt, sieht man nichts vom Blau und wenn man die mit dem Achat oder Polierstahl hervorgebrachte spiegelnde Fläche durch die dichroskopische Loupe betrachtet, so erhält man zwei röthliche Bilder von verschiedenem Farbenton, wie beim Kupfer, aber kein blaues. Das Blau, welches wir an der matten Oberfläche des Indigo bemerken, ist Absorbtionsfarbe, ist dasselbe Blau welches sehr kleine Indigopartikeln im durchfallenden Lichte unter dem Mikroskope zeigen. Der Indigo ist nur blau wo einzelne Partikeln so locker neben einander liegen, dass das Licht, welches die eine Seite derselben bestrahlt, nach Durchsetzung des Partikels an der anderen Seite desselben reflectirt wird und so auf seinem Hin- und Rück-

wege der Absorption des Indigo unterworfen blau zum Auge zurückgelangt.

Hat der Polirstahl einmal die Partikelchen aneinander gedrückt, so verschwindet mit diesen Reflectionen auch das Blau, und die Farbe der nunmehr glänzenden Oberfläche, durch die bei der äusserst geringen Durchsichtigkeit des Indigo kein Licht mehr aus der Tiefe zurückstrahlt, ist kupferroth.

Ich will hieran noch ein Beispiel anschliessen, welches zeigt, wie ein Glanz, den man an und für sich durchaus nicht metallisch nennen würde, plötzlich metallisch erscheint, wenn man das durch die glänzende Oberfläche hindurchstrahlende Licht wegschafft. Ich besitze einen grossen farblosen Gallenstein aus Cholesterin, den ich um sein schönes krystallinisches Gefüge zu zeigen durchsägt und auf der Schnittfläche polirt habe. Betrachtet man diese unter dem Polarisationswinkel durch ein Nicol'sches Prisma, so dass der Hauptschnitt des Kalkspaths parallel liegt mit der Einfallsebene, so sieht man die Structur des Gallensteins sehr gut, weil man nun nicht durch das von der Oberfläche reflectirte Licht gestört wird; dreht man das Prisma um 90 Grad, so verschwindet das aus dem inneren kommende Licht und mit ihm das Gefüge und man sieht nur eine glänzende Oberfläche, die mit ihren kleinen Schrammen und Schliffstreifen nun ganz den Eindruck von geschliffenem und polirtem Eisen macht.

Die dichroskopische Loupe liefert natürlich beide Eindrücke gleichzeitig und neben einander in ihren beiden Bildern. Dieselbe Erscheinung des anscheinend metallischen Glanzes im Bilde des in der Einfallsebene polarisirten Lichtes habe ich in dem kaiserlichen Mineralien-Cabinet an den geschliffenen Flächen eines auf schwarzem Grunde liegenden Diamants und an den natürlichen Flächen eines Stückes Weissbleierz bemerkt. Dies leitet auf eine Erklärung des sogenannten metallähnlichen Demantglanzes hin. Denken wir uns ein Mineral, das einen sehr hohen Grad von Reflectionsvermögen besitzt, so hat es hierin eine Eigenschaft in der es sowohl den Metallen als auch dem Diamant ähnlich ist. Lässt es nun ausserdem Licht durch, so ist dies eine Eigenschaft, die es von den Metallen unterscheidet. Ist aber die Menge des durchgelassenen Lichtes nicht gar zu gross, so wird es an den jeweilig spiegelnden Flächen neben der Menge des reflectirten vollständig verschwinden und diese können nun als

wirklich metallisch erscheinen, während sich an den übrigen die durch Absorption entstandene Localfarbe geltend macht. Hiernach muss man vermuthen dass ein Mineral, dem die Eigenschaft des metallähnlichen Diamantglanzes zukommt, um so mehr Diamantglanz zeigt, je mehr Licht es durchlässt, während sein Aussehen um so metallischer wird, je weniger Licht es durchlässt. Drei verschiedene Proben von Rothgiltigerz, die Herr Director Hörnes mir zu zeigen die Güte hatte, schienen dies zu bestätigen, und in der That finde ich schon in Mohs' Mineralogie bei der Beschreibung des Rothgiltigerzes angegeben: „Demantglanz, in lichteren Varietäten gemeiner, in dunkleren metallähnlicher".

Wir wollen jetzt noch einen Fall betrachten, in dem die objectiven Bedingungen des Glanzes überhaupt nicht vorhanden sind, und somit auch nicht die für den Metallglanz, und wo wir dennoch einen metallglänzenden Gegenstand zu sehen glauben.

Mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Dove, zeigte bekanntlich vor einer Reihe von Jahren, dass zwei Projectionen eines Körpers z. B. einer Pyramide, die eine mit schwarzen Flächen, während die entsprechenden der andern weiss sind, im Stereoskop ein Relief geben, dessen Flächen zu glänzen scheinen, als ob der Körper aus Graphit geschnitten wäre.

Die Frage warum wir überhaupt hier den Eindruck des Glanzes haben, muss wohl mit Oppelt[1]) und Helmholtz[2]) dahin beantwortet werden, dass dies desshalb der Fall sei, weil wir mit einem Auge da hell sehen, wo wir mit dem andern Auge dunkel sehen. Man kann dagegen nicht geltend machen, dass man ja auch mit einem Auge die blanken Gegenstände glänzen sieht, ja dass man sogar, wie Burckhardt[3]) dies gethan hat, auch für ein Auge durch gewisse Combinationen von weiss und schwarz den Eindruck des Glanzes hervorbringen kann. Dies würden dem gegenüber Einwände sein, der das Wesen des Glanzes allgemein erklären wollte aus ungleichen Eindrücken, die correspondirende Stellen beider Netzhäute gleichzeitig empfangen.

---

[1]) Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. 1853—1854, pag. 52.

[2]) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westphalens. 13. Jahrgang, pag. XXXVIII.

[3]) Verhandlungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Basel. I, 154—157. — Fortschritte der Physik, dargestellt von der Berliner physikalischen Gesellschaft 1854, pag. 310.

Darum aber handelt es sich hier nicht, es handelt sich hier darum, warum wir in unserm speciellen Falle urtheilen, dass das Relief, welches wir im Stereoskope sehen, glänze. Wenn wir matte Oberflächen sehen, erscheinen sie beiden Augen gleich beleuchtet, wir werden also unmöglich urtheilen können, dass die Wände des stereoskopischen Reliefs matt sind, da wir sie mit einem Auge weiss, mit dem andern schwarz sehen. Glänzende Flächen sind häufig für ein Auge dunkel, für das andere hell, ja aus einiger Nähe betrachtet ist auf glänzenden Oberflächen hell und dunkel niemals gleichmässig für beide Augen vertheilt. Es liegt also nahe, dass wir bei unserm Versuche, in dem wir an ein und derselben Stelle mit einem Auge schwarz mit dem andern weiss sehen, sofort von der Vorstellung des Glänzenden erfasst werden.

Man kann sich auch leicht direct überzeugen, wie wesentlich für diese Vorstellung hier der Gegensatz in den auf beide Augen gemachten Eindrücken ist. Man male an den Projectionen einer vierseitigen abgestumpften Pyramide je zwei gegenüberstehende Pyramiden-Flächen schwarz, zwei lasse man weiss, aber so dass diejenigen, welche in der einen Projection schwarz gemalt sind, in der andern weiss bleiben. Dann sieht man im Stereoskope die glänzende Pyramide, aber es ist, als ob dieselbe einer bald mehr bald weniger wechselnden, beweglichen Beleuchtung unterworfen wäre. Es ist dies nichts anderes als die Folge des Kampfes der correspondirenden Netzhautpartien, denen ungleiche Eindrücke dargeboten werden. Je nachdem die Erregung der einen oder der anderen Netzhaut im Centralorgan die Oberhand gewinnt, erscheint das eine oder das andere Flächenpaar stärker beleuchtet.

Dies Alles erklärt uns indessen noch nicht, wesshalb uns der Glanz den Eindruck des metallischen macht. Dove's Vergleich mit dem Graphit hat allgemeine Anerkennung gefunden. Der Glanz des Graphits wird von den Mineralogen als Metallglanz bezeichnet und in der That finden wir hier auch alle drei Bedingungen für denselben erfüllt: starke Lichtreflection, Undurchsichtigkeit und Mangel einer eigenen vom Glanze unabhängigen Localfarbe.

Wenn wir an ein Stück Graphit mit dem Messer eine Fläche anschneiden, so erscheint uns dieselbe metallisch glänzend, aber keineswegs spiegelnd und glatt; selbst wenn wir sie mit dem Polirstahl bearbeiten, nimmt sie beim natürlichen noch unverarbeiteten

Graphit keine eigentliche Politur an, indem die kleinen Krystalle unter dem Polirstahl herausbröckeln. Untersucht man eine solche Fläche bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskop, so bemerkt man, dass die spiegelnden Facetten weisses Licht von bedeutender Intensität zurückwerfen, die dazwischen liegenden erscheinen vollkommen schwarz; die Abstände sind aber so gering, dass für das blosse Auge das Licht der spiegelnden Facetten sich über die dunklen Zwischenräume ausbreitet. Daher das grauglänzende Ansehen.

Betrachten wir nun unsere stereoskopische Erscheinung, so sehen wir die Flächen glänzend, weil wir mit dem einen Auge da hell sehen wo wir mit dem andern dunkel sehen, aber wir sehen sie nicht glatt, nicht polirt, denn erstens spiegelt sich nichts darin, zweitens sehen wir mit dem einen Auge das mehr oder weniger rauhe Papier, mit dem andern die schwarze matte Tuschfläche. Dabei gleicht sich das Schwarz des einen Auges mit dem Weiss des anderen zu einem bald helleren bald dunkleren Grau aus. Wir sehen also die Flächen grau, und zwar in einem Grau dessen Entstehung uns räthselhaft ist, das wir nicht ohne weiteres auf einen grauen Anstrich zurückführen können; dabei sehen wir sie nicht polirt sondern einigermassen rauh, aber doch entschieden nicht matt sondern glänzend und somit muss es ziemlich natürlich erscheinen, dass es unter dem in unserem Sensorium aufgespeicherten Material von Eindrücken zunächst der des Graphits ist, an den wir erinnert werden.

Ich habe oben bei dem Versuche mit den abgestumpften vierseitigen Pyramiden erwähnt, dass durch den Wettstreit der Sehfelder ein scheinbarer Wechsel in der Beleuchtung eintrat. Je stärker dieser wurde um so weniger stetig zeigte sich das metallische Ansehen und ich hätte mir, wo das schwarz entschieden vorherrschte, auch wohl vorstellen können, die Fläche sei mit schwarzem Glanzpapier beklebt. Die Ausgleichung der Eindrücke beider Augen zum Grau war also wesentlich um die Vorstellung des metallischen zu unterhalten. Die Ursache hiervon finden wir sogleich wenn wir uns fragen: Warum sind denn schwarze glänzende Körper nicht metallglänzend, da sie doch undurchsichtig sind und keine vom Glanze unabhängige Localfarbe haben? Die Antwort lautet: Es fehlt die Erfüllung der dritten Bedingung für den Metallglanz; sie sind nicht metallglänzend weil sie eben schwarz sind, d. h. weil sie zu wenig Licht reflectiren. Würden sie soviel Licht reflectiren, dass wir sie metallglänzend

nennen könnten, so würden sie bei glatter Oberfläche das auf sie fallende Licht so zurückgeben wie es polirter Stahl thut und eben desswegen nicht schwarz erscheinen; bei unebener Oberfläche würden sie auch nicht schwarz erscheinen sondern je nach Umständen heller oder dunkler grau, weil die Netzhautbildchen der einzelnen spiegelnden Stellen Lichtstärke genug haben würden, um durch sogenannte Irradiation die dunkeln Zwischenräume zu überdecken, wie dies beim Anschauen des Graphit geschieht. Darum ist aber auch eben beim stereoskopischen Sehen die Ausgleichung des Eindruckes beider Netzhäute zum Grau nothwendig, um die Vorstellung des Graphits hervorzurufen.

Wir haben nun den Metallglanz analysirt an einer Reihe von Beispielen, in denen er von nicht metallischen Körpern ausging, ja zuletzt an einem solchen, in dem die objectiven Bedingungen des Glanzes gar nicht vorhanden waren. Kehren wir jetzt zu dem Punkte zurück, von dem wir ausgegangen sind, zu den metallglänzenden Harnsteinen und fragen wir uns, ob sie irgend einem der aufgeführten Beispiele angereiht werden können. Nach dem, was oben über ihren Bau gesagt worden, ist es wohl hinreichend klar, dass sie neben die aufgeblätterte Glimmerplatte gestellt werden müssen. Wegen der kurz auf einander folgenden Reflectionen warfen sie nicht nur sehr viel Licht zurück, sondern sie besassen auch in Folge derselben die Eigenschaft der Undurchsichtigkeit, indem das Licht an jeder neuen Schicht zweimal reflectirt, nicht weit in die Tiefe eindringen konnte. Die gelbe Farbe rührte vom Durchgange des Lichtes durch die gefärbte organische Grundlage her; sie war, obgleich sie ihrer Entstehung nach sich von einer gewöhnlichen Absorptionsfarbe nicht unterschied, doch die Farbe des Glanzes, denn das gefärbte Licht war gespiegeltes. Die Goldfarbe war hier entstanden wie sie künstlich an gewissen unechten Goldrahmen hervorgebracht wird, die man mit Blattsilber überzieht, um zunächst den Metallglanz hervorzubringen und dann eine sehr dünne Schicht von starkgefärbtem Firniss darüberstreicht, um das Weiss des Silbers in das Gelb des Goldes zu verwandeln.

Physische Zusammenkünfte der Asteroiden im Jahre 1861.

Von dem w. M. Karl v. Littrow.

Für das Jahr 1861 kommen die Ephemeriden sämmtlicher bisher bekannter Asteroiden mit Ausnahme von Daphne und Pseudo-Daphne, so wie der vier im September 1860 entdeckten Planeten theils im Berliner Jahrbuche 1861 und 1863, theils im Supplemente zum Nautical Almanac 1864 vor. Die Durchsicht dieser Ephemeriden hat in chronologischer Ordnung folgende Zusammenkünfte ergeben, wobei die Zeiten der Culmination sich auf beliebig einen der betreffenden beiden Himmelskörper jeder Combination beziehen, die halben Tagbogen aber für die Breite von Berlin gelten.

Concordia-Hestia.

(Berliner Jahrbuch.)

1861	Gegenseit. Distanz in mittl. Entf. ☉ — ♁	Mittl. Zeit d. Culm.	Halb. Tagb.
Jänner 0.	0·153	22ʰ 21ᵐ	4ʰ 3ᵐ
„ 10.	0·161	22 0	4 1
„ 20.	0·172	21 40	3 59
„ 30.	0·185	21 19	3 59

Offenbar fiel die kleinste gegenseitige Distanz in das Jahr 1860, aber dieselbe kann nach dem Gange der Differenzen keine besondere Bedeutung gehabt haben. Für Concordia, die im März 1860 entdeckt wurde, gibt es zu dieser Epoche noch keine Ephemeride.

Concordia Virginia.

(Berliner Jahrbuch.)

1861	Gegenseit. Distanz in mittl Entf. ☉ — ♁	Mittl. Zeit d. Culm.	Halb. Tagb.
Jänner 30.	0·151	21ʰ 22ᵐ	4ʰ 2ᵐ
Februar 9.	0·130	20 59	4 3
„ 19.	0·117	30 36	4 5
März 1.	0·114	20 13	4 7
„ 11.	0·123	19 49	4 11

Fides-Vesta.

(Berliner Jahrbuch.)

1861	Gegenseit. Distanz in mittl. Entf. ☉ — ♁	Mittl. Zeit d. Culm.		Halb. Tagb.	
Februar 9.	0·104	10ʰ	40ᵐ	8ʰ	34ᵐ
„ 19.	0·083	10	1	8	40
März 1.	0·071	9	17	8	43
„ 11.	0·069	8	36	8	45
„ 21.	0·081	7	58	8	45
„ 31.	0·104	7	23	8	43

Diese Zusammenkunft fällt in den Bereich meiner, die ersten 42 Asteroiden umfassenden Abhandlung (Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, mathem.-naturw. Classe, XVI. Band) und ist dort übereinstimmend mit Obigem (Seite 74) vorausgesagt. Bei der langen Dauer der Zusammenkunft und der vielleicht bedeutenden Masse von Vesta, so wie bei der zur Beobachtung günstigen Lage verdient diese Combination jedenfalls genauere Beachtung.

Isis-Metis.

(Nautical Almanac.)

1861	Gegenseit. Distanz in mittl. Entf. ☉ — ♁	Mittl. Zeit d. Culm.		Halb. Tagb.	
März 22.	0·136	1ʰ	15ᵐ	6ʰ	16ᵐ
April 1.	0·133	0	55	6	27
„ 11.	0·136	0	35	6	38
„ 21.	0·145	0	15	6	49

Obschon beide Planeten dieser Combination im Allgemeinen zu den in meiner eben citirten Arbeit untersuchten Himmelskörpern gehören, so konnte doch eine Voraussage dieser Annäherung dort desshalb nicht vorgenommen werden, weil es damals noch an der hierzu nöthigen besseren Kenntniss der Elemente von Isis gebrach (l. c. S. 54).

Hestia-Virginia.

(Berliner Jahrbuch.)

1861		Gegenseit. Distanz in mittl. Entf. ☉ — ♁	Mittl. Zeit d. Culm.		Halb. Tagb.	
Jänner	30.	0·231	21ʰ	19ᵐ	3ʰ	59ᵐ
März	1.	0·180	20	14	4	5
„	31.	0·136	19	4	4	16
April	30.	0·101	17	44	4	30
Mai	30.	0·074	16	7	4	41
Juni	29.	0·060	14	8	4	43

1861		Gegenseit. Distanz in mittl. Entf. ⊙ — ♁	Mittl. Zeit d. Culm.		Halb. Tagb.	
Juli	29.	0·067	11^h	47^m	4^h	35^m
August	28.	0·089	9	28	4	24
September	27.	0·126	7	35	4	20
October	27.	0·170	6	8	4	26
November	26.	0·226	4	57	4	42

Dieser Fall bietet, wie man sieht, besonderes Interesse. Der Lauf der Asteroiden ist das ganze Jahr hindurch sehr ähnlich; die beiderseitigen geocentrischen Rectascensionen und Declinationen nähern sich Ende Februar und Ende November auf wenige Minuten, aber die Rechnung ergibt gerade Anfangs Juli, wo jene Coordinaten wegen ungewöhnlicher Nähe beider Himmelskörper an der Erde verhältnissmässig stark von einander abweichen, die eigentliche Zusammenkunft. Die gegenseitige Distanz bleibt, ohne gerade sehr klein zu werden, durch mehr als vier Monate unter 0·1 und die Opposition beider Planeten zwischen 22. und 25. Juli, wo Virginia 10·7 und Hestia 9·4 Grösse ist, trifft beiläufig auf die Zeit der kürzesten wechselseitigen Entfernungen. Genauer stellen sich die letzten wie folgt:

1861		Gegenseit. Distanz in mittl. Entf. ⊙ — ♁
Mai	30.	0·074
Juni	9.	0·067
„	19.	0·062
„	29.	0·060
Juli	9.	0·060
„	19.	0·062
„	29.	0·067

Diese so wie frühere ähnliche Angaben könnten jedoch durch den Einfluss der Störungen, von dem man bei den Ephemeriden der Asteroiden überhaupt oft nicht weiss, ob er berücksichtigt wurde, leicht noch bedeutende Änderungen erfahren.

Da übrigens nach Obigem Anfangs Jänner Hestia auch mit Concordia, und letzterer Planet Ende Februar mit Virginia zusammenkommt, so stehen beim Jahresanfange Virginia, Concordia und Hestia nahe auf derselben Gesichtslinie.

Vorstehendes bildet die Ausbeute an physischen Zusammenkünften von Asteroiden für das laufende Jahr. Ich übergehe alle Combinationen mit gegenseitigen Distanzen, welche die angenommene Grenze 0·1 stark überschreiten, wie: Nysa-Pomona (0·185 Ende Februar), Calypso-Thalia (0·181 Mitte Mai), Bellona-Europa (0·178 Mitte Juni) und erlaube mir nur zum Schlusse dieses Aufsatzes zu erwähnen, dass ich mir gleichsam als Nachtrag zum Jahre 1860 die Frage aufwarf, ob die merkwürdige Nähe von Erato an dem von Chacornac im September entdeckten Planeten, welche eben auf Erato führte, optisch oder physisch war. Eine beiläufige Interpolation aus vorhandenen Beobachtungen beider Himmelskörper ergibt folgende Positionen:

12ʰ m. Berliner Zeit.	Planet Chacornac. α	Planet Chacornac. δ	Erato. α	Erato. δ
1860, September 12.	0ʰ 39ᵐ6	+ 1° 10′3	0ʰ 39ᵐ3	+ 1° 6′5
„ 13.	0 39·0	+ 1 1·6	0 38·7	+ 1 1·4
„ 14.	0 38·4	+ 0 52·7	0 38·1	+ 0 56·3
„ 15.	0 37·8	+ 0 43·6	0 37·5	+ 0 51·2

In ähnlicher Weise bleiben diese beiden Planeten den übrigen Theil des Monates beinahe in gleicher Rectascension und entfernen sich nur in Declination langsam von einander. Demungeachtet ist diese wechselseitige Annäherung nur scheinbar, denn rechnet man mit den für beide Gestirne im Berliner Jahrbuche 1863 gegebenen Elementen ihre heliocentrischen Radien Vectoren, so erhält man:

	r_1	r_2	$r_2 - r_1$
September 12.	2·403	2·706	0·303
„ 13.	2·403	2·707	0·304
„ 14.	2·402	2·708	0·306

wo also von einer physischen Zusammenkunft weiter keine Rede sein kann. Am Tage der Entdeckung des Chacornac'schen Planeten standen beide Asteroiden scheinbar auf etwa 4 Minuten bei einander, so dass Herrn Chacornac nur durch irgend einen äusserlichen Umstand die Doppelentdeckung entging.

Analyse des Bronislawbrunnens in dem Badeorte Třuskawiće auf der Cameralherrschaft Drohobycz in Galizien.

Von **Rudolph Günsberg**,

Assistenten an der k. k. technischen Akademie zu Lemberg.

Professor Dr. G. Wolf, welcher von hoher Stelle mit der chemischen Untersuchung der Mineralwässer der Sophienquelle und des neu entdeckten, damals provisorisch Bittersalz-, jetzt aber „Bronislaw-Quelle benannten Mineralwassers beauftragt wurde, hatte die Gefälligkeit mir auf mein Ansuchen die Ausführung der Analyse der letzteren zu übergeben. Ende August 1860 habe ich das Wasser in Třuskawiće geschöpft und gleich darauf die Untersuchung begonnen. Für die Gelegenheit, welche mir geboten wurde diese Arbeit ausführen zu können, spreche ich Herrn Professor Dr. Wolf hiemit meinen schuldigen Dank aus.

Das Wasser des Bronislawbrunnens ist eben so wie das der Marien- und Sophienquelle, welche alle drei als Trinkwässer im Gebrauche sind, kein Quellenwasser, sondern vielmehr ein Seigwasser, welches sich in einem brunnenförmigen Schachte ansammelt. Der Bronislawbrunnen ist in der nächsten Nähe des Badeortes, an dem Abhange eines Hügels und an der Schlucht, wo das Gebirgswasser abzieht, gelegen; er ist ungefähr $4^1/_2$ Klafter tief, viereckig, mit Holzdielen roh ausgezimmert und kaum bedacht. Das Wasser wird daraus mittelst einer hölzernen Saugpumpe zu Tage gefördert, die Quantität desselben, welche dieser Brunnen in einer bestimmten Zeit liefert, ist noch nicht ermittelt worden. Das Wasser erscheint frisch geschöpft klar, farblos, nicht perlend, beim Schütteln in einer halbgefüllten Flasche entwickeltes Gas. Schon nach einigen Minuten,

wenn auch in einer vollgefüllten verschlossenen Flasche, wird das Wasser trübe, färbt sich schwärzlich und setzt nach der Zeit von 48 Stunden einen dunkelbraunrothen Niederschlag ab, während das oberhalb desselben stehende Wasser ganz klar erscheint. Als Grund dieser schwärzlichen Färbung des Wassers an der Luft glaube ich mich berechtiget anzunehmen, dass im Wasser Spuren von Tanninsäure enthalten sind, welche sich mit dem sich bildenden Eisenoxyd oder mit Eisenoxyduloxyd verbinden; dadurch wird auch erklärlich dass der Absatz in den Flaschen so dunkel gefärbt ist, trotzdem dass er hauptsächlich nur Eisenoxyd enthält. Das Wasser besitzt einen schwachen Geruch, welcher aber kaum an Schwefelwasserstoff erinnert, und einen stark salzigen etwas widerlichen Geschmack. Die Temperatur des Wassers wurde in dem Reservoir bestimmt, worin es behufs der Analyse gefasst wurde. Ende August betrug dieselbe 8° C. bei einer Temperatur der Luft von 11·5° C. Die Dichte des Wassers beträgt bei 17° C. 1·00986.

Da wegen der bedeutenden Tiefe des Bronislawbrunnens das Schöpfen des Wassers zum Behufe der Analyse vom Boden desselben nicht möglich war, so wurde an der horizontalen kurzen Ausflussröhre der Pumpe ein verticales Rohr aus Weissblech von 1 Zoll Durchmesser wasserdicht eingesetzt; diese Röhre reichte bis nahe an den Boden einer Bottich, welche an dem obern Rande mit einer Abflussröhre versehen war. Nachdem eine 1/4 Stunde gepumpt wurde, habe ich in der vollen Bottich bei fortwährendem Zupumpen von frischem Wasser, die zur Analyse desselben nöthige Menge geschöpft.

Der hiezu von Mohr angegebene Apparat [1]) wurde so abgeändert, dass das Wasser auch unter dem Niveau filtrirt werden konnte. Anstatt der Einlaufröhre habe ich nämlich zwei gleich grosse mit ihren abgeschliffenen Rändern über einander gestellte Trichter angebracht; das in dem untern Trichter eingelegte doppelte Filtrum, welches um ein paar Linien über den Rand desselben hervorragte, wurde möglichst gleichförmig umgeschlagen, darauf der zweite Trichter mit dem Rande daran gelegt, dann beide Trichter mit einem breiten Kautschukbande ohne Ende luftdicht verbunden, und noch durch Schnüre in dieser Stellung befestigt. Durch den Druck der

---

[1]) Annalen der Phamacie, Bd. 11, S. 231.

Wassersäule geht die Filtration sehr rasch von Statten, und habe ich diesen Apparat auch bei der Sophienquelle, in einer Tiefe von 5′ unter dem Wasserspiegel mit Vortheil angewendet.

An der Quelle wurden zur Bestimmung der Totalmenge der Kohlensäure und des Eisenoxyduls entsprechende Fällungen mit ammoniakalischer Chlorcalcium-Lösung, und Ammon und Schwefelammonium, in bestimmten Mengen Wassers vorgenommen. Die Bestimmung der Gase wurde von Herrn Professor Wolf und mir im April 1860 bei Gelegenheit der Arbeiten an der Sophienquelle, ausgeführt.

Die nur verhältnissmässig geringe Quantität Wassers, welche mir hier zur Disposition stand, bestimmte mich die Vornahme einer besondern qualitativen Analyse zu umgehen, und den Gang der Untersuchung so einzuleiten, dass bei der Nachweisung der Bestandtheile zugleich ihre quantitative Bestimmung möglich war.

Im Gange der Untersuchung konnten Borsäure, Jod, Baryt und Ammon nicht nachgewiesen werden; Brom und Fluor zeigten sich in unbestimmbaren Mengen vorhanden, während die übrigen Bestandtheile als in wägbaren Mengen enthalten, sich bestimmen liessen.

a) Schwefelsäure und Chlor wurde in gewöhnlicher Weise bestimmt.

b) Zur Bestimmung der Kohlensäure im Ganzen dienten die an der Quelle mit einer frischaufgekochten und filtrirten klaren Mischung von Ammon und Chlorcalcium versetzten gemessenen Mengen Wassers. Die Kohlensäure wurde in den Niederschlägen massanalytisch bestimmt. Die Normalsalpetersäure war sowohl durch Vergleichung mit Normalkleesäure, als auch direct gegen kohlensauren Baryt gestellt, und hat fast ganz übereinstimmende Resultate geliefert.

c) Die Bestimmung der Totalmenge des Eisens im frischen Wasser geschah an der Quelle durch Versetzen einer gemessenen Menge des Wassers mit Ammon und Schwefelammonium. Das Eisen wurde dann als basisch-essigsaures Eisenoxyd abgeschieden, als Eisenoxyd gewogen, und zur Controle das Eisenoxyd in Salzsäure gelöst, mit Zink reducirt und das Eisen darin massanalytisch mit Chamäleon bestimmt; die Resultate waren übereinstimmend. Im Filtrate vom basisch-essigsauren Eisenoxyd konnte die Gegenwart des Mangans sehr sicher nachgewiesen werden; der Versuch aus

den anderen Flaschen das Mangan quantitativ zu bestimmen, wollte indessen nicht gelingen.

d) Zur Bestimmung der Kieselsäure, des Eisens, des Kalkes und der Magnesia im klaren. vom gebildeten Absatze decantirten Wasser wurden 1000 K. C. Wasser in einer Platinschale bei Zusatz von Salzsäure zum Trocknen gebracht und darin die angegebenen Bestandtheile bestimmt.

Das Eisen wurde wegen der äusserst geringen Menge desselben im abgestandenen Wasser, nur massanalytisch mit einer sehr verdünnten gegen Eisen gestellten Lösung von übermangansauren Kali bestimmt.

Der Kalk wurde als kohlensaurer Kalk gewogen und zur Controle dann noch stärker geglüht und darin der Kalk massanalytisch bestimmt; die Resultate waren höchst übereinstimmend.

e) Zur Bestimmung der Alkalien wurde in einer besondern Menge Wassers, die darin enthaltene bekannte Menge Schwefelsäure, durch Zusatz einer äquivalenten Menge Chlorbaryum ausgefüllt und durch Einkochen des Wassers mit reiner Kalkmilch in einer Silberschale die Magnesia entfernt. Die Chloralkalien wurden sorgfältig auf ihre Reinheit geprüft, sie lösten sich vollkommen klar in Wasser und die Lösung wurde durch Ammon und kohlensaures Ammon nicht im geringsten getrübt.

f) Um die halbgebundene Kohlensäure zu bestimmen, wurden 1000 K. C. Wasser unter jeweiligem Ersatz des verdunsteten durch destillirtes, über zwei Stunden gekocht, und sowohl im Niederschlage Eisen, Kalk und Magnesia, wie auch im gekochten Wasser Kalk und Magnesia bestimmt.

Bestimmung des Broms, Jods, Baryts, Strontians, der Thonerde, der Phosphorsäure, des Manganoxyduls und des Lithions.

20.000 K. C. Wasser wurden unter Zusatz von reinem kohlensaurem Natron in einer grossen Platinschale auf dem Wasserbade, vor Staub wohl geschützt, zur Trockene gebracht, und darin die oben genannten Bestandtheile, dem von Fresenius vorgezeichneten Wege folgend, nachgewiesen und bestimmt.

Beim Abdestilliren der ersten weingeistigen Lösung der Salzmasse, behufs der Jod- und Brombestimmung, hatte sich bei Wasser-

zusatz eine geringe Quantität organischer Substanz ausgeschieden; diese wurde auf ein bei 100° getrocknetes gewogenes Filtrum gesammelt, ihr Gewicht bestimmt, und als harzartige organische Substanz bezeichnet.

Zur Nachweisung des Broms wurde, nachdem bei Zusatz von reiner Untersalpetersäure, Chloroform nicht die geringste Färbung gezeigt hatte, die vom Chloroform vorsichtig decantirte Flüssigkeit mit den Waschwässern des Chloroforms bis zu 150 K. C. verdünnt, daraus 25 K. C. pipetirt, vorsichtig Chlorwasser zugesetzt und mit Äther geschüttelt; letzterer zeigte eine sehr schwache gelbe Färbung. Zu den übrigen 125 K. C. wurden blos mehrere Tropfen salpetersauren Silbers kalt zugesetzt; der durch Decantation gesammelte geringe Niederschlag wurde nach dem Trocknen vollständig in eine gewogene Kugelröhre gebracht, darin geschmolzen, gewogen und Chlorgas durchgeleitet. Es fand keine bestimmbare Gewichtsabnahme Statt; demnach konnte Brom quantitativ nicht bestimmt werden, jedoch ist es als in geringen Spuren vorhanden wohl anzunehmen.

Zur Bestimmung und Nachweisung des Baryts und Strontians wurde die schliesslich erhaltene salzsaure Lösung der Erden mit Gypswasser versetzt; es entstand erst nach einiger Zeit Trübung und setzte sich nach 24 Stunden ein geringer Niederschlag ab. Dieser wurde gesammelt und bestimmt, und da derselbe bei der nachträglichen qualitativen Prüfung, nämlich bei Zusatz von Chlorsilber am Platindrath der inneren Löthrohr-Flamme ausgesetzt, die äussere intensiv roth färbte, so wurde derselbe als schwefelsaurer Strontian in Rechnung gebracht.

Indem nun in dem Filtrate von dem erhaltenen geringen flockigen Niederschlage bei der Nachweisung und Bestimmung der Thonerde durch Zusatz von schwefelsaurer Magnesia noch ein geringer Niederschlag von phosphorsaurer Ammon-Magnesia entstanden ist, und bei allen Abdampfungen ausschliesslich Platingefässe verwendet worden sind, so wurde der erste Niederschlag als phosphorsaure Thonerde in Rechnung gebracht.

Das Lithion wurde als Chlorlithium mit einer Mischung von absolutem Alkohol und wasserfreiem Äther ausgezogen, und mehrere Male diese Operation wiederholt, bis es sich in dieser Mischung vollkommen klar löste; es wurde dann mit Schwefelsäure abgedampft,

geglüht und bestimmt. Zur Controle wurde das schwefelsaure Lithion durch Eindampfen mit phosphorsaurem Natron und Natronlauge zur Trockene, auf die bekannte Art in phosphorsaures Lithion verwandelt und wieder gewogen; diese Bestimmung als $3LiO,PO_5$ berechnet, stimmte genügend mit der ersten überein, und es wurde daher der Gehalt an Lithion in dem Wasser nach der ersten Bestimmung berechnet.

Bestimmung des Ammons, der Borsäure, der Salpetersäure und des Fluors.

10.000 K. C. Wasser wurden in zwei Portionen zu je 5000 K. C. getheilt und unter Zusatz von reiner Natronlauge destillirt bis $^2/_5$ übergegangen waren, von diesen $^2/_5$ wurde unter Zusatz von etwas Kalkmilch wieder $^1/_5$ abdestillirt. Dieses letzte Destillat wurde mit 10 K. C. Normalkleesäure versetzt, und mit Normalnatron rücktitrirt; es wurden, bis eben blaue Färbung eingetreten, genau 10 K. C. Normalnatron verbraucht. Demnach konnte Ammon quantitativ nicht bestimmt werden, und können in dem Wasser höchstens nur Spuren desselben enthalten sein.

Die auf $^3/_5$ ihres Volumens eingeengten 10.000 K. C. Wasser bei der Destillation auf Ammon, und noch 2000 K. C. Wasser, also zusammen 12.000 K. C., wurden in einer Platinschale eingeengt und die Mutterlauge von der Salzmasse getrennt. Die Mutterlauge wurde nun besonders zur Trockene gebracht, und die trockene Masse kalt mit Alkohol behandelt. Die alkoholische Lösung wurde von dem Rückstande abfiltrirt, erstere diente zur Nachweisung und Bestimmung der Borsäure, letzterer zu der der Salpetersäure; von Borsäure konnte indessen keine Spur nachgewiesen werden, während die Gegenwart der Salpetersäure alle bekannten Reactionen auf's deutlichste anzeigten; letztere wurde auch nach der von Fresenius modificirten Pelouz'schen Methode quantitativ bestimmt und in Rechnung gebracht.

Die ganze Salzmasse ausser der Mutterlauge wurde nun zur Entdeckung und Nachweisung des Fluors verwendet. Sie wurde mit Wasser aufgenommen, mit Chlorcalcium versetzt, und der entstandene Niederschlag mit Essigsäure behandelt. Aus dem geringen Rückstande wurde nach dem Aufschliessen desselben, die Kieselsäure mit doppelt

kohlensaurem Ammon ausgefällt, das Filtrat zur Trockene gebracht, und in einem Platintiegel mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und gelinde erwärmt; es brachte auf Glas eine erst beim Anhauchen kaum sichtbare Ätzung hervor.

Der Absatz, welcher sich in den Flaschen, worin das Wasser transportirt worden war, gebildet hatte, wurde sorgfältig gesammelt, und darin Eisen, Mangan, organische Substanz und der in Salzsäure unlösliche Rückstand quantitativ bestimmt; während von Phosphorsäure und Kalk darin blos Spuren nachgewiesen werden konnten.

Die Mengen der einzelnen Bestandtheile sind aus dem Mittel zweier Versuche berechnet.

K. C. Wasser	Analytische Belege	Gramme in 1000 K. C. Wasser
	1. Schwefelsäure	
100	gaben schwefelsauren Baryt . . . . . . 0·5498 Gr.	
200	„ „ „ . . . . . . 1·0966 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten Schwefelsäure	1·88369
	2. Chlor	
100	gaben Chlorsilber . . . . 2·1399 Gr.	
50	„ „ . . . . 1·0679 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . . . Chlor	5·28635
	3. Kieselsäure	
1000	enthalten . . . . 0·0103 Gr.	
„	„ . . . . 0·0084 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . Kieselsäure	0·00935
	4. Kohlensäure	
282·4	enthalten . . . . 0·1804 Gr.	
277·0	„ . . . . 0·1760 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . Kohlensäure	0·63710
	5. Phosphorsäure	
20000	enthalten phosphorsaure Thonerde . . . 0·0244 Gr.	
„	gaben pyrophosphorsaure Magnesia . . . 0·0297 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten Phosphorsäure	0·00165

K. C. Wasser	Analytische Belege (Fortsetzung)	Gramme in 1000 K. C. Wasser
	6. Salpetersäure	
12000	gaben Salzmasse aus der Mutterlauge bei 100° getrocknet . . . . 21·9000 Gr.	
	2·5710 Gr. dieses Salzes verwandelten Eisen aus Chlorür in Chlorid . . . 0·00556 „	
	3·0115 Gr. dieses Salzes verwandelten Eisen aus Chlorür in Chlorid . . . 0·00698 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten Salpetersäure	0·00131
	7. Eisenoxydul	
	a) an der Quelle bestimmt	
984	enthalten Eisen . . . . 0·00307 Gr.	
960	„ „ . . . . 0·00273 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . Eisenoxydul	0·00384
	b) im klaren vom Absatze decantirten Wasser	
1000	enthalten Eisen . . . . 0·00150 Gr.	
1000	„ „ . . . . 0·00160 „	
	1000 K. C. abgestandenes Wasser enthalten . . . . Eisenoxydu	0·00199
	c) im Absatze des Wassers	
20410	enthalten im gebildeten Absatze Eisen . 0·03286 Gr.	
	1000 K. C. Wasser enthalten im Absatze . . . . Eisenoxydul	0·00207
	8. Kalk	
	a) Gesammtmenge	
1000	gaben kohlensauren Kalk . . . . 1·5359 Gr.	
1000	„ „ „ . . . . 1·5339 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . . . . Kalk	0·85954
	b) als Bicarbonat enthalten	
1000	gaben durch Kochen ausgeschieden, kohlensauren Kalk . . . . 0·3237 Gr.	
500	gaben durch Kochen ausgeschieden, kohlensauren Kalk . . . . 0·1625 „	
	1000 K. C. Wasser lieferten daher Kalk . . . . 0·1816 Gr.	
	Correction 1 Th. $CaOCO_2$ in 10601 Wasser löslich Kalk . . . . 0·0528 „	
	1000 K. C, Wass. enthalten als Bicarbonat Kalk	0·23440

K. C. Wasser	Analytische Belege (Fortsetzung)	Gramme in 1000 K. C. Wasser
	c) im gekochten Wasser	
1000	gaben kohlensauren Kalk . . . . 1·2142 Gr.	
	1000 K. C. gekochtes Wasser enthalten Kalk	0·67995
	9. Magnesia.	
	a) Gesammtmenge	
1000	gaben pyrophosphorsaure Magnesia . . . 0·7222 Gr.	
	„ „ „ . . . 0·7179 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . Magnesia	0·25950
	b) durch Kochen ausgeschieden	
1000	gaben pyrophosphorsaure Magnesia . . . 0·0342 Gr.	
500	„ „ „ . . . 9·0182 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten als Bicarbonat . . . . Magnesia	0·01270
	c) im gekochten Wasser	
1000	gaben pyrophosphorsaure Magnesia . . . 0·6867 Gr.	
	1000 K. C. Wass. gekocht enthalten Magnesia	0·24746
	10. Kali und Natron	
1000	gaben Chloralkalien . . . . 9·5610 Gr.	
500	„ „ . . . . 4·7845 „	
	1000 K.C.W. enthalten Chloralkalien 9·5650 Gr.	
	3·1490 Gr. der Chloralkalien gaben Kaliumplatinchlorid . . . . 0·6100 „	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . . . . Kali	0·35712
	Natron	4·77233
	11. Manganoxydul	
20000	abgestandenes Wasser gaben Manganoxyduloxyd . . . . 0·0177 Gr.	
20410	enthalten im Absatze als Manganoxyduloxyd 0·0097 „	
	1000 K. C. Wasser an der Quelle enthalten . . . . . . Manganoxydul	0·00126
	12. Thonerde	
20000	enthalten phosphorsaure Thonerde . . . 0·0244 Gr.	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . Thonerde	0·00050

K. C. Wasser	Analytische Belege (Fortsetzung)	Gramme in 1000 K. C. Wasser
	13. Strontian.	
20000	gaben schwefelsauren Strontian . . . . 0·0152 Gr.	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . Strontian	0·00042
	14. Lithion	
20000	gaben schwefelsaures Lithion . . . . . 0·0430 Gr.	
	1000 K. C. Wasser enthalten . . . Lithion	0·00058
20000	abgestandenes Wasser enthalten an harzartige organische Substanz . . . . . 0·0175 Gr.	
20410	enthalten im Absatze organische Substanz 0·0215 „	
„	„ „ „ an Salzsäure unlösliche Mineralstoffe . . . . 0·0320 „	
	1000 K. C. frisches Wasser enthalten harzartige organ. Materie	0·00087
	suspendirte „ „	0·00105
	„ Thon	0·00156
100	zur Trockene gebracht und die Salze im Rückstande durch Eindampfen mit Schwefelsäure in Sulphata verwandelt ergaben an Gewicht . . . . 1·4480 Gr.	

Das Truskawicer Mineralwasser des Bronislawbrunnens enthält die kohlensauren Salze als einfache Carbonate berechnet.

A.	In einem Liter	In 1000 Grammen	In einem Pfunde = 7680 Gran
	in Grammen		
Feste Bestandtheile.			
Kohlensaurer Kalk	0·4186	0·4145	3·1833
Schwefelsaurer Kalk	1·5182	1·5044	11·5537
Schwefelsaures Kali	0·6604	0·6540	5·0227
Schwefelsaures Natron	1·2199	1·2090	9·2851
Phosphorsaures Natron	0·0018	0·0018	0·0138
Salpetersaures Natron	0·0022	0·0022	0·0169

	In einem Liter	In 1000 Grammen	In einem Pfunde = 7680 Gran
	in Grammen		
Chlornatrium	7·9923	7·9143	60·7818
Kohlensaure Magnesia	0·0267	0·0264	0·2028
Chlormagnesium	0·5857	0·5800	4·4544
Chlorlithium	0·0037	0·0036	0·0276
Kohlensaures Eisenoxydul	0·0061	0·0060	0·0461
Kohlensaures Manganoxydul	0·0021	0·0021	0·0161
Kohlensaurer Strontian	0·0006	0·0006	0·0046
Phosphorsaure Thonerde	0·0012	0·0012	0·0093
Kieselsäure	0.0094	0·0093	0·0899
Harzartige organische Substanz	0·0009	0·0009	0·0069
Kieselsaure Verbindung (Thon) suspendirt	0·0016	0·0016	0·0123
Organische Materie suspendirt	0·0011	0·0011	0·0084
Summe der festen Bestandtheile	12·4525	12·3330	94·7357
Brommagnesium, Fluorcalcium } Spuren			
B. Flüchtige Bestandtheile.			
Kohlensäure, welche mit den Carbonaten zu Bicarbonaten verbunden ist	0·4030	0·3991	3·0650
Kohlensäure völlig freie	0·2341	0·2318	1·7802
Kohlensaures Ammon	Spuren?	Spuren?	Spuren?

Auf Volumina bei der Quellentemperatur und Normal-Barometerstand berechnet beträgt	1000 K. C. Wasser K. C.	im Pfunde K. C.
Die völlig freie Kohlensäure	122·28	3·718
Die freie und halbgebundene Kohlensäure	227·43	6·917

Über die Abhängigkeit der Liniendistanzen im Spectrum des Gases der Untersalpetersäure von der Dicke der durchlaufenen Schicht.

Von **Dr. Adolf J. Weiss,**

Docenten an der k. k. Universität in Wien.

Vorgelegt in der Sitzung am 3. Jänner 1861.

Im Winter 1857 machte ich einige Beobachtungen, welche mich zu dem Schlusse führten, dass die Distanz der bekannten Brewster'schen Linien im Spectrum des durch das Gas der Untersalpetersäure geleiteten Lampenlichtes mit der Dichte dieses Gases variire.

Die Instrumente, an welchen ich damals beobachtete, waren indess nicht so ausgezeichnet, um genauere Daten hierüber liefern zu können, und da mir eine Veröffentlichung derselben erst nach vollkommen strengen Untersuchungen angezeigt schien, wurde die Sache unterdess fallen gelassen. Erscheinungen, welche ich seither am Sonnenspectrum wahrnahm, sowie Beobachtungen am Spectrum eines Chlorophyllextractes, welche beide auf Ähnliches hindeuteten, bewogen mich endlich, die Sache genauer zu untersuchen, um so mehr, als derzeit Instrumente dazu im k. k. physikalischen Institute vorhanden sind, welche auch den strengsten Anforderungen in Bezug auf Genauigkeit völlig genügen.

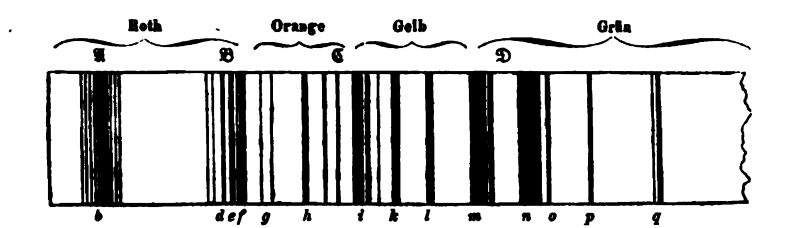
Meine ersten Beobachtungen habe ich durch die jetzigen vollkommen bestätigt gefunden.

Das Instrument, an welchem ich arbeitete, war ein grosses Örtling'sches Goniometer, mit einem Limbus von zwei Fuss Durchmesser, der an Mikroskopen das directe Ablesen von zwei Secunden gestattet. Die Messungen der Linien-Distanzen wurden am Filarmikrometer des Oculares gemacht, nachdem sein Verhältniss zu den Theilstrichen des Limbus ermittelt worden war. Dieses Ocularmikrometer lässt Winkeldifferenzen von zwei Secunden noch direct und von Einer Secunde ganz wohl durch Schätzung abnehmen.

Das Prisma stand natürlich immer im Minimum der Deviation.

Es wurden zunächst die Distanzen der Hauptlinien bei den verschiedensten Gasdicken gemessen und es ergab sich daraus ganz unzweifelhaft, dass mit der Dicke der durchlaufenen Gasschicht sich die Distanz der Linien verringere, d. h. dass die Linien bei geringer Gasdicke weiter von einander abstehen, als bei grosser[1]).

Eine Reihe numerischer Werthe in Theilen des Filarmikrometers mag dies bestätigen. Die Namen der Linien wolle man aus der beigegebenen Figur entnehmen[2]).



Es ergaben die Messungen folgende Liniendistanzen:

1. bei sehr geringer Gasdicke (A)

$$fn = 277\cdot6$$
$$fl = 180\cdot5$$
$$bn = 442\cdot1$$
$$hn = 222\cdot9$$

2. bei grösserer Gasdicke (B):

$$fn = 273\cdot8$$
$$fl = 180\cdot2$$
$$lh = 121\cdot0$$
$$bn = 437\cdot3$$
$$hn = 219\cdot7$$

---

[1]) Eine grosse, nach directen Messungen angelegte Zeichnung des Spectrums des Gases der Untersalpetersäure sammt Angabe der Brechungsindices und Bezeichnungen der Hauptlinien werde ich demnächst vorlegen.

[2]) Versuche mit comprimirtem Gase, also bei vergrösserter Dichte desselben, zeigte ebenfalls dies Aneinanderrücken der Spectrallinien, so dass das Nachfolgende, über das Gas der Untersalpetersäure Gesagte, eben so gut für veränderte Gasdichte als Dicke der durchlaufenen Schichte gilt. Der Klarheit halber ist indess im Texte immer nur von der Dicke der eingeschalteten Schicht die Rede.

3. bei sehr grosser Gasdicke (C):

$$fn = 266 \cdot 8$$
$$fl = 175 \cdot 9$$
$$hl = 114 \cdot 3$$
$$bn = 408 \cdot 7$$
$$hn = 218 \cdot 0$$

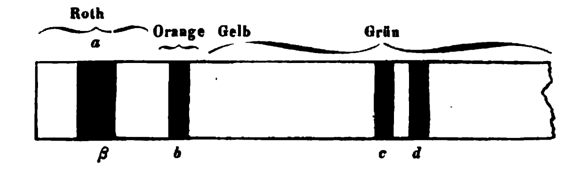
Vergleicht man diese einzelnen Daten, so erhält man folgendes Schema:

	C.		B.		A.
$fn =$	266·8	<	273·8	<	277·6
$fl =$	175·9	<	180·2	<	180·5
$hl =$	114·3	<	121·0		—
$bn =$	408·7	<	437·3	<	442·1
$hn =$	218·0	<	219·7	<	222·9

Dieses continuirliche Abnehmen der Liniendistanzen mit der Dicke der Gasschichte zeigt sich indess nicht blos bei diesen Mittelwerthen, sondern selbst bei den einzelnen Maximis und Minimis der Ablesungen für jede Linie, so dass nicht eine einzige Messung derselben widerspricht.

Da man ein Fortrücken der Linien als solcher nicht gut annehmen konnte, war ich lange im Zweifel, wie die Sache aufzufassen sei, bis mir das Spectrum eines Chlorophyllextractes Erscheinungen zeigte, welche in grösserem Massstabe ebenfalls eine solche Distanzvariirung der Absorptionssysteme darboten, zugleich aber die Ursache derselben deutlich erkennen liessen [1]).

Im Chlorophyllspectrum, welches die beiliegende Figur veranschaulicht, ist bei geringer Dicke der durchlaufenen Schichte der Streifen im Roth (a) ziemlich schmal und die bei b, c, d fast gar nicht sichtbar. Bei intensiv grünem Extracte erscheint aber a in



Form eines breiten Balkens, so dass die Grösse $a\beta$ ein Mass der Stärke des Chlorophyllextractes ist. Eine Messungsreihe des Spectrums

[1]) Eine kurze Angabe der gefundenen Thatsachen habe ich in den Annalen von Poggendorff veröffentlicht; sie findet sich: Pogg. Ann. 1861. CXII. S. 153—156.

eines weingeistigen Extractes der Blätter von *Secale cereale L* ergab Folgendes:

Für $\alpha\beta =$ 93·8 ist $ac =$ 693·6
$b\beta =$ 247·2
„ $\alpha\beta =$ 125·7 „ $ac =$ 636·2
$b\beta =$ 200·0

sowie eine andere am Spectrum des Chlorophylls einer Oscillatoria[1]).

Für $\alpha\beta =$ 112·0 ist $ac =$ 670
$bc =$ 448
„ $\alpha\beta =$ 173·0 „ $ac =$ 651
$bc =$ 424

so dass auch hier ein Aneinanderrücken der Linien bei vergrösserter Dicke der Chlorophyllschicht stattfindet.

Vergleicht man indess die Art und Weise der Verdickung der Linien, d. h. den Gang des Fortschreitens der Absorption, so findet man, dass dieselbe keineswegs nach beiden Seiten jeder Linie hin stattfindet, sondern einseitig in der Art, dass sie nur nach dem violeten Ende des Spectrums hin in ihrer Mächtigkeit auftritt und daher die Mittelpunkte der Absorptionsstreifen einander nähert. Lässt man nämlich das Sonnenspectrum und das des Chlorophylls sich decken, und vergrössert die Dicke der eingeschalteten Schicht des letzteren, so kann man dieses successive Fortschreiten der einseitigen Absorption auf das Deutlichste wahrnehmen. Bei starkem Extracte stimmt (*a*) mit der Linie *C* im Sonnenspectrum, während bei schwacher Chlorophyllschicht dieser Streifen bereits mehrere Minuten von *C* absteht, u. z. nach dem rothen Ende zu.

Ich vermuthete sogleich, dass etwas Ähnliches beim Absorptions-Spectrum des Gases der Untersalpetersäure stattfinde und die Beobachtungen haben es bestätigt. Lässt man nämlich auch hier das Sonnenspectrum über das des Gases der Untersalpetersäure zu stehen kommen[2]), so sieht man besonders bei jenen Linien, welche nahezu

---

[1]) Die beiden angegebenen Chlorophyllextracte unterscheiden sich wesentlich durch die Farbe ihrer rothen Fluorescenz von einander, welche bei Oscillatoria, Conferva, Hydrodyctyon etc. fast ganz rosa ist, während sie beim Chlorophyll der Phanerogamen stets in's Zinnoberrothe spielt.

[2]) Bei diesem zuerst von Brewster angewendeten Übereinanderstellen der Spectra hat man die grössten Vorsichten zu beobachten, theils wegen parallaktischer Wirkungen, theils weil die Stellung des zweiten Prisma's absolut richtig sein muss, um sichere Resultate zu geben.

mit bedeutenderen Fraunhofer'schen übereinstimmen, wie z. B. die *b* mit der Fraunhofer'schen Linie *C*, dass das Dickerwerden der Linien im Spectrum des Gases der Untersalpetersäure bei Vergrösserung der Dicke der Gasschicht, nur nach einer Seite hin stattfindet und dadurch eben die ganze Linie gegen das violete Ende des Spectrums sich verschiebt, so dass dieselbe nun z. B. mit einer ganz anderen Fraunhofer'schen Linie coincidirt.

Es rückt nämlich bei Vermehrung der Gasdicke wohl eine allgemeine Absorption vom violeten Ende aus vor, allein eine specifische dehnt sich nicht wie Brewster[1]) glaubt, an jeder Seite der Linien im Spectrum aus, sondern nur in Einer Richtung und zwar nach dem violeten Ende des Spectrums hin, so dass diese beiden Absorptionen entgegengesetzte Richtung verfolgen.

Die Differenzen in den Liniendistanzen bei verschiedenen Gasdicken, d. h. die Unterschiede in den Entfernungen der Mitten derselben, sind ziemlich beträchtlich, ich habe indess noch nicht genau zu ermitteln vermocht, in welchem Verhältnisse sie zu letzteren stehen; sie betragen z. B. für grosse Unterschiede in der Dicke der durchlaufenen Schicht:

bei *bn* bis 44 Secunden,
bei *hl* und *fn* „ 17 und 20 Secunden,
„ *fl* „ *hn* „ 6 „ 7 „

sind also bei den verschiedenen Linien nicht immer dieselben.

Dass derartige Abweichungen die letzten Decimalen der Bestimmungen der Brechungsexponenten illusorisch machen, springt in die Augen.

Etwas, den besprochenen Erscheinungen Ähnliches zeigt das Sonnenspectrum. Ich beobachtete 1858 die Linien in demselben besonders zur Zeit des Sonnenauf- und Unterganges und sah in der That, dass mehrere davon dann im Verhältnisse zu einem hohen Sonnenstande, etwa um das Dreifache verdickt erschienen, eine Wahrnehmung, die mit dem Dickerwerden der Linien im Chlorophyllspectrum sowie im Spectrum des Gases der Untersalpetersäure bei Vergrösserung der durchlaufenen Schicht ganz übereinstimmt[2]).

---

[1]) Philos. Magaz. 3 Ser. Vol. VIII. 384.

[2]) Zugleich mit einem Breiterwerden mehrerer Hauptlinien, besonders im brechbarsten Theile des Spectrums, ist eine beträchtliche Vermehrung ihrer Anzahl verbunden.

Dass die Zahl der Linien im Sonnenspectrum eine Function der Höhe der Sonne über dem Horizonte ist, hat Kuhn [1]) zuerst genau erwiesen, obwohl Brewster [2]) schon lange vorher etwas Ähnliches ausgesprochen hatte und Miller [3]) dasselbe auch beim Gase der Untersalpetersäure annimmt. Rudberg [4]) allein hat sich dagegen erhoben. Aus den erwähnten Beobachtungen und ihren Analogien mit dem Spectrum des salpetrigsauren Gases, sowie aus Wahrnehmungen von Crookes [5]), dass die Zahl der Linien mit den Jahreszeiten sich ändert, von Miller [6]), dass sie auch nach rein atmosphärischen Einflüssen variirt, von Brewster [7]), Broch [8]) und Anderen, Beobachtungen, welche durch die von Heusser [9]) wohl nicht entkräftet werden, dürfte sich der Schluss ziehen lassen, dass wir in sämmtlichen Fraunhofer'schen Linien nur Absorptionsstreifen unserer Atmosphäre vor uns haben.

Für viele derselben und zwar gerade für die bedeutendsten *b*, *B*, *C* u. s. w. ist der Umstand, dass sie, wie aus meinen Beobachtungen sich ergibt, sich mit der Dicke der Luftschicht (bei Sonnenuntergang) ebenfalls verdicken, das beste Merkmal ihres atmosphärischen Ursprungs: —

Wir haben also hier drei ganz analoge Fälle vor uns, in welchen mit der Dicke (auch mit der Dichte) der durchlaufenen Schicht, also auch mit der Temperatur die Stellung der Absorptionslinien in den Spectren sich ändert.

Wir haben bisher im phys. Institute die durch Vermittlung des Gases der Untersalpetersäure erhaltenen Linien des Spectrums zur Bestimmung der Brechungsindices benützt, und glaubten in ihnen, eben wegen ihrer vermeintlichen vollkommen constanten Lage, das Mittel gefunden zu haben, die numerischen Werthe derselben, wenn anders die gebrauchten Instrumente hinreichende Verlässlichkeit besassen, bis auf eine beträchtliche Zahl von Decimalen absolut genau zu erhalten.

---

[1]) Bullet. der. k. Akad. d. Wiss. zu St. Petersburg. 1852.
[2]) Philos. Magaz. 3 Ser. Vol. VIII. 384.
[3]) Philos. Magaz. 3 Ser. Vol. XXVII. 81.
[4]) Poggendorff's Annalen. XXXV. 523.
[5]) Bullet. der photogr. Gesellsch. zu London. 1856.
[6]) Philos. Magaz. 3 Ser. XXVII. 81.
[7]) Philos. Magaz. 3 Ser. VIII. 384.
[8]) Nyt Magaz. f. Naturvidenskaberne. IV.
[9]) Poggendorff's Annalen. XCI. 319.

Für Ermittelung des Zusammenhanges der physikalischen Eigenschaften, der Dichte, der Brechungsverhältnisse u. s. w. und daraus sich ergebender Einblicke in die moleculare Beschaffenheit der Körper, war diese Forderung unerlässlich, um den Schlüssen jene Sicherheit zu geben, welche der heutige Stand der Wissenschaft erfordert.

Nach den oben mitgetheilten Thatsachen bleibt für Bestimmungen von Brechungsexponenten, welche eine Genauigkeit von nur etwa drei Decimalen erfordern, wie es in vielen Fällen auch ausreichend ist, das Spectrum des Gases der Untersalpetersäure natürlich noch immer nicht nur das bequemste sondern auch ein völlig verlässliches Mittel, dafür geringe Variationen in der Dicke oder Dichte, sich die relative Lage der Spectrallinien so gut wie gar nicht ändert, allein, wo es darauf ankommt, Resultate zu erzielen, welche etwa die 5. oder 6. Decimale noch sicher haben sollen, wird man von der Anwendung derselben abstehen und die weit zarteren Fraunhofer'schen Linien, welche bei nicht gar zu tiefem Stande der Sonne gewiss für unsere Instrumente absolut constante Distanzen haben, benutzen müssen.

Zum Schlusse kann ich nicht umhin, dem allverehrten Director des k. k. physikalischen Institutes, Herrn Regierungsrathe A. Ritter von Ettingshausen meinen wärmsten Dank für die Liberalität zu sagen, mit welcher er bereits zum so vielten Male mir die ausgezeichnetsten Instrumente des Institutes zur Benützung überliess.

Über das Sehen von Lagen und Winkeln durch die Bewegung des Auges.

Ein Beitrag zur Psychophysik.

Von **Dr. Ernst Mach.**

(Vorgelegt in der 1. Sitzung am 3. Jänner 1861.)

Durch das Auge werden nur jene Bilder scharf und deutlich wahrgenommen, welche auf eine bestimmte kleine Stelle der Retina fallen. Soll ein grösseres Bild zur deutlichen Wahrnehmung gelangen, so müssen die einzelnen Partien desselben über diesen Punkt des deutlichen Sehens nach einander hinweggleiten.

Manche Psychologen sind der Meinung, man komme blos dadurch zur Kenntniss von Gestalten, z. B. ebenen Figuren, dass der Bulbus sich den Umrissen derselben nachbewegt, indem so zu sagen die Sehaxe durch die Umrisse als Leitlinie einen Kegel beschreibt.

Wir wollen uns hier nicht mit der Betrachtung complicirter Gestalten befassen, sondern zunächst auf die einfachsten Formen, auf gerade Linien von verschiedener Lage zurückgehen.

Es ist Thatsache, dass man gerade Linien der Lage nach unterscheidet; diese Lage muss also durch irgend etwas charakterisirt, für unsere Empfindung kenntlich gemacht sein. Nach dem oben Gesagten kann man annehmen, das Kennzeichen liege in eben jener Bewegung des Auges, welche nöthig ist, um die Punkte der Linie nacheinander zur deutlichen Wahrnehmung zu bringen. Welche Bewegung aber ausgeführt wird, erkennen wir durch das Muskelgefühl, durch die Empfindung des Spannungsgrades der Muskel. Die Lage ist also durch die entsprechende Spannung der Augenmuskel charakterisirt.

Fechner[1]) hat in seinen Elementen der Psychophysik die Resultate seiner Forschungen niedergelegt, welche zum Zwecke hatten exacte Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung auszumitteln. Fechner fand, dass in den meisten Fällen, wenn y die Empfindung und x den Reiz bezeichnet, besagte Relation sich ausdrücken lasse durch die Formel:

$$y = p\ Log.\left(\frac{x}{q}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wobei p, q Erfahrungsconstanten sind. Wirkt z. B. ein Gewicht als Zug auf einen Muskel; so geht die Intensität der Zugempfindung proportional dem Logarithmus des Gewichtes. Im genauesten Zusammenhange mit diesem Gesetze, steht die Gleichung:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{p}{x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Durch den Ausdruck $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ wird die Geschwindigkeit der Änderung des y mit der Änderung des x, oder wie Fechner sagt, die Unterschiedsempfindlichkeit gemessen.

Wir wollen nun annehmen dies durch zahlreiche Messungen constatirte Gesetz gelte auch für die Empfindung der Spannung der Augenmuskel. Gesetzt es wird nun die Lage einer Linie wirklich durch die entsprechende Muskelspannung charakterisirt[2]), so muss die mit Hilfe unserer Voraussetzungen aus der Theorie der Augenbewegung abgeleitete Formel für die Unterschiedsempfindlichkeit der Lage mit der Erfahrung stimmen. Ob dies stattfinde wollen wir hier eben untersuchen, soweit es bei der Neuheit und Schwierigkeit des Gegenstandes angeht.

Setzen wir mehrere Muskeln voraus, welche die Spannungen R_1 R_2 R_3 .... erleiden, so werden diese einen gewissen Eindruck hervorbringen. Ändern sich alle diese Spannungen sehr wenig, so haben wir das Princip 2 festhaltend:

$$de = p_1 \frac{dR_1}{R_1} + p_2 \frac{dR_2}{R_2} + \ldots = \Sigma p. \frac{dR}{R} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

---

[1]) Fechner, Elemente der Psychophysik. Leipzig, 1860.

[2]) Hiermit wird nicht behauptet, dass andere Umstände, welche hier nicht untersucht werden, auf die Lagenempfindung keinen Einfluss üben.

wobei wir die plausible Annahme machen, dass sich alle diese kleinen Reizänderungen unterstützen und dass Vergrösserungen und Verkleinerungen in demselben Sinne wirken. Desshalb ist auch das Summenzeichen nicht algebraisch, sondern arithmetisch zu verstehen.

Hier liegt allerdings eine Schwierigkeit. Man kann nicht angeben, wie sich mehrere verschiedene Reize zu einem einzigen Eindruck vereinigen sollen. Wir verhehlen uns nicht, dass auch Fechner's Ansichten hierüber wohl der Begründung entbehren. Soviel ist aber klar, dass, wenn wir in einem Complexe von Reizen, alle sehr wenig ändern, der Unterschied leichter bemerkt wird, als wenn man nur einen einzigen Reiz wenig ändert. Sonach lässt sich wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit die Gleichung 3) aufstellen, wenn man sie vielleicht auch nicht integriren kann ohne zu unrichtigen Resultaten oder gar zu Widersprüchen zu kommen. — Übrigens habe ich für einen speciellen Fall, für welchen die Grössen R_1 R_2 . . . . vollkommen bekannt sind und willkürlich gewählt werden, nachgewiesen, dass die obige Differentialgleichung sich der Erfahrung nähert.

Betrachten wir nämlich den schmalen Streifen AB, welcher von A bis C grün, von C bis B roth gefärbt ist; lassen wir die Länge $AB = a$ constant während das Verhältniss $\frac{AC}{AB}$ geändert wird; so haben wir für die Empfindung dieser Änderung, wenn $AC = x$

$$\frac{de}{dx} = \frac{1}{x} + \frac{1}{a-x} = \frac{a}{x(a-x)} \quad . \; . \; . \; . \; (4)$$ [1]

Die Vergleichung dieses Ausdruckes mit der Erfahrung werde ich anführen.

Kehren wir nun zur Gleichung 3 zurück. Seien alle R Functionen einer gewissen Grösse φ, so hat man, wenn sich φ um $d\varphi$ ändert, statt der Gleichung 3 die folgende:

$$\frac{de}{d\varphi} = \Sigma \frac{p}{R} \frac{dR}{d\varphi} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

Wären z. B. R_1 R_2 die Spannungen der Augenmuskel, wenn sich die Sehaxe durch eine gewisse Gerade bewegt, welche in einer

---

[1]) Die Constanten p_1 p_2 sind hier unterdrückt.

bestimmten Ebene liegt und mit einer andern gegebenen Linie den Winkel φ einschliesst, so würde $\frac{de}{d\varphi}$ die Unterschiedsempfindlichkeit für die Änderung der Lage φ messen.

Um den Ausdruck 5) vollständig zu kennen, haben wir nach der Theorie der Augenbewegung zu ermitteln, welche Functionen von φ die Spannungen der einzelnen Augenmuskel sind.

Wir besitzen zwei mathematische Abhandlungen über Augenbewegung, von Fick[1]) und von Meissner[2]). Die Theorie ist aber nicht als vollendet anzusehen, und zwar aus zwei Gründen:

1. Ist es, wie Fick[3]) zeigt, selbst nach Meissner's Arbeit nicht ausgemacht, um welche Axen das Auge wirklich gedreht wird, wenn die Sehaxe eine gewisse Bewegung annimmt.

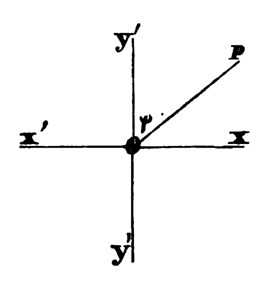
2. Selbst wenn die Drehungsaxe bekannt wäre, ist die Frage nach den entsprechenden Muskelspannungen eine unbestimmte, da wir es beim Auge mit sechs Drehungsmomenten zu thun haben, während drei schon genügen. Fick's Annahme, die Bewegung erfolge mit einem Minimum von Anstrengung ist wohl sehr wahrscheinlich, aber nicht erwiesen.

Unter diesen Umständen müssen wir auf die Behandlung des allgemeinen Problems verzichten und uns auf einen speciellen Fall beschränken. Fick zeigt, dass man nicht allgemein bei der Bewegung des Auges 3 von den 6 Muskeln als wirkungslos betrachten könne. Wir dürfen uns aber diese Annahme näherungsweise erlauben für die Anfangsbewegung des Auges aus einer gewissen bestimmten Anfangsstellung. Ist nämlich die Lage des Auges eine solche, dass für eine kleine Drehung um eine bestimmte Axe sich der Ansatz eines Muskels dem Ursprunge desselben nicht nähert, noch entfernt; so kann man für diese Drehung der Muskel als wirkungslos betrachten. Dies gilt nun näherungsweise für die beiden *obliqui*, wenn die Sehaxe zur Medianebene parallel und etwas unter den Horizont geneigt ist. Fängt nun die Sehaxe an, sich durch irgend eine gerade Linie zu bewegen; so erfolgt diese Bewegung fast nur durch zwei der *musculi recti*, da auch eine Drehung zur Vermeidung der Doppel-

---

[1]) Fick über die Bewegung des Auges. Zeitschrift für nat. Medizin. IV, S. 101.
[2]) Meissner, über Augenbewegung, Gräfe's Archiv, II. Bd. 1. Ab. S. 1.
[3]) Moleschott, Untersuchungen, V.

bilder durch die *obliqui* (wie Meissner will) in diesem Falle nicht nöthig ist. Wir denken uns nun senkrecht auf die Sehaxe eine Ebene gelegt und durch den Durchschnittspunkt beider *O*, eine Horizontale *XX'*, eine darauf senkrechte *yy'* und irgend eine Linie *O P* in der Ebene gezogen. Dann wird bei der Anfangsbewegung [1]) der Sehaxe durch *OP* nur die Spannung zweier der geraden Augenmuskel, z. B. des *rectus superior* und des *rectus externus* mitwirken. Wir finden, wenn φ den Winkel der Linie *OP* mit *YO* bezeichnet, nach dem Satze des Kräftenparallelogramms für die Spannung des *super.* $p \; Cos \; \varphi$ für den *externus* $p \; Sin \; \varphi$, wobei p eine Constante ist. Mit Benützung des Principes 5) ergibt sich:



$$de = p \left\{ \frac{d. \, Cos \, \varphi}{Cos \, \varphi} + \frac{d. \, Sin \, \varphi}{Sin \, \varphi} \right\} \text{; oder:}$$

$$\frac{de}{d\varphi} = p \cdot \frac{Cos \, \varphi^2 + Sin \, \varphi^2}{Sin \, \varphi \, . \, Cos \, \varphi} = \frac{2 \, p}{Sin \, (2 \, \varphi)} \quad . \; . \; . \; . \quad (6)^{2}).$$

Dieser Ausdruck soll nun nebst 4) mit der Erfahrung verglichen werden.

Meine Messungen führte ich nach der sogenannten Methode der mittleren Fehler aus. Diese besteht im Principe darin, dass man einen Reiz einem andern versuchsweise mehrmals gleichzumachen trachtet und dann den mittleren Fehler bestimmt, den man hierbei begangen hat.

Ich verwendete den sogenannten einfachen mittleren Fehler, welcher das arithmetische Mittel aus allen begangenen Fehlern ist. Würde man die Fehler als unendlich klein ansehen, so könnte man

---

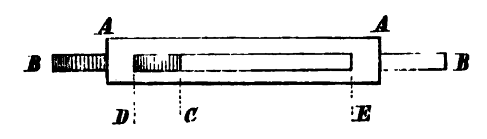
[1]) Wir nehmen an, die Lage der Linie sei durch diese Anfangsbewegung charakterisirt.

[2]) Die Summation arithmetisch ausgeführt.

sagen, der mittlere Fehler gehe dem reciproken Werthe von $\frac{dy}{dx}$ proportional mit Ausnahme der Grenzfälle, wo $\frac{dy}{dx} = o$ oder ∞ ist[1]). Wegen der begrenzten Empfindlichkeit kann man den Fehler nicht unendlich klein setzen; er hängt dann ausser von $\frac{dy}{dx}$ auch von $\frac{dy^2}{dx^2}$, $\frac{dy^3}{dx^3}$ ... ab [2]), kann nie o aber auch nie ∞ werden. Will man sich nicht in ungeheuere zum Theil unausführbare Rechnungen einlassen, so kann man a priori nur Folgendes sagen:

Der mittlere Fehler wird nie genau dem reciproken Werthe von $\frac{dy}{dx}$ proportional gehen, er behält immer endliche Werthe und wird im Allgemeinen nur mit $\frac{dx}{dy}$ zugleich steigen und fallen.

Gehen wir nun an die experimentelle Untersuchung des in Gleichung 4 ausgesprochenen Satzes. Ich bediente mich hiezu zweier Vorrichtungen von der Form der nebenstehenden Zeichnung.



A A ist ein schwarzer Rahmen, in welchem der Schieber *B B* beweglich angebracht ist. Der Schieber ist an der untern Seite mit einer Theilung versehen, an welcher man die Einstellung des obern Theilstriches *C* ablesen kann. Durch den Theilstrich *C* wird der Schieber in einen rothen und grünen Theil getrennt. Zwei solcher Schieber wurden so neben einander gelegt, dass der eine die Verlängerung des andern bildete. In dem einen Instrumente bekam der Strich *C* eine gewisse Stellung, in dem andern trachtete ich nach dem Augenmasse dasselbe Verhältniss herzustellen. Nach jedem Versuche wurde der begangene Fehler abgelesen. Aus je 20 Fehlern rechnete ich bei der anzuführenden Beobachtungsreihe, nach Elimination des constanten Fehlers, den mittlern. In der obigen Zeichnung beträgt $DE = 10'' = a$. Das variable DC bezeichnen wir mit x, den

---

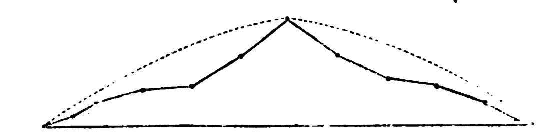
1) Kann leicht mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate abgeleitet werden.

2) Da man den Fehler nach der Taylor'schen Reihe entwickeln kann.

entsprechenden mittleren Fehler mit ξ. Es ergab sich folgende Beobachtungsreihe [1]:

x in "	ξ	x in "	ξ
0·5	0·01	6·0	0·14
1·0	0·04	7·0	0·07
2·0	0·07	8·0	0·06
3·0	0·07	9·0	0·03
4·0	0·13	9·5	0·01
5·0	0·21		

Wie es zu erwarten war, findet das Ansteigen und Fallen des ξ zu beiden Seiten des Werthes $x = 5·0 = \frac{a}{2}$ ganz symmetrisch Statt. Dasselbe gilt von dem Ausdrucke $\frac{de}{dx}$ in 4); $\frac{dx}{de}$ und ξ steigen und fallen zugleich, beide haben für $x = 5·0 = \frac{a}{2}$ ein Maximum. Zur Veranschaulichung stelle ich beide Ausdrücke graphisch dar. Die punktirte Curve gehört dem $\frac{dx}{de}$, die ausgezogene dem ξ an.



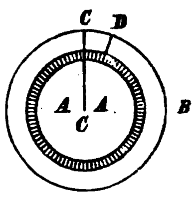
Ich stellte noch mehrere Beobachtungsreihen nach der Methode der eben merklichen Unterschiede an, welche beiläufig dasselbe Resultat ergaben. Es erschien blos das Maximum nach dieser oder jener Seite aus der Mitte verschoben, je nachdem ich aufsteigende oder absteigende Unterschiede anwendete, was sich geometrisch wohl leicht erklären lässt. — Aus der angeführten Reihe ergibt sich, dass man den Satz 4) wenigstens als eine erste Näherung betrachten könne.

Nun zur Gleichung 6.

---

[1]) Die grossen Fehler bei $x = 5·0$ rühren daher, dass ich nicht auf die Halbirung achtete, sondern auf das Gleichmachen der beiden Schieber.

Das Instrument, dessen ich mich bediente, war von folgender Form: *A A* ist eine schwarze Scheibe, welche auf dem Brettchen *B B* drehbar befestigt ist. Der Rand der Scheibe *A A* ist mit einer Kreistheilung und *B* mit einem Theilstriche *D* versehen. Beides kann bedeckt werden und ist nur beim Ablesen sichtbar. Über *A A* ist vom Centrum *C* aus ein feiner weisser Faden *C C* gespannt, der sich zugleich mit der Scheibe bewegt.



Ich benutzte zwei genau gleiche Vorrichtungen von der angegebenen Art und befestigte beide nebeneinander in einer etwas gegen den Horizont geneigten Lage auf einem Tische. Meinen Standpunkt wählte ich in einiger Entfernung, so dass ich die beiden Mittelpunkte der Scheiben nach einander mit fast parallelen Augenaxen fixiren konnte. Den Faden der einen Scheibe stellte ich nun auf eine gewisse Lage ein und suchte den der andern in dieselbe zu bringen. Nach jedem Versuche wurde der Fehler abgelesen.

Meine Versuche erstreckten sich von $\varphi = 0$ bis $\varphi = 90°$, wobei für $\varphi = 0$ jene Lage des Fadens gewählt wurde, bei welcher die Sehaxe sich in einer Verticalebene aufwärts bewegte, wenn sie vom Mittelpunkte der Scheibe aus den Faden passirte.

In der folgenden Beobachtungsreihe bedeutet φ den Winkel des Fadens mit der eben bezeichneten Lage und ψ den aus 20 Fehlern gerechneten mittleren Fehler.

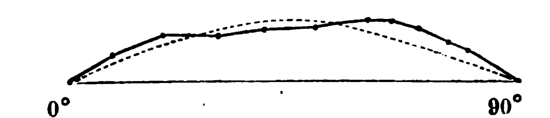
φ	ψ	φ	ψ
0°	0·2	50	1·3
10	0·6	60	1·4
20	1·2	70	1·3
30	1·1	80	0·9
40	1·2	90	0·3
45	1·3		

Vergleicht man dieses Resultat mit der Aussage des reciproken Werthes von $\frac{de}{d\varphi}$ in Gleichung 6; so findet man folgendes:

$\frac{d\varphi}{de}$ steigt rasch mit dem Wachsen von φ und wird für $\varphi = 45°$, ein Maximum. Eben so wächst auch ψ anfangs rasch, und wird ein Maximum zwar nicht an derselben Stelle für $\varphi = 45°$ aber nahe daran für $\varphi = 60°$.

Einige andere Beobachtungsreihen nach der Methode der merklichen Unterschiede führten fast zu demselben Resultate. So gerne ich auch noch einige genauere Beobachtungsreihen durchgeführt hätte, um über die Verlässlichkeit und Grenzen der Genauigkeit dieses Resultates Aufschluss zu erhalten, musste ich doch diese Art der Beschäftigung aufgeben, weil sich durch dieselbe eine nervöse Aufregung eingestellt hatte, welche mich an allem Arbeiten verhinderte.

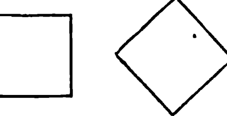
Wir stellen hier zur grösseren Anschaulichkeit noch die Curve für $\frac{d\varphi}{dc}$ und für ψ graphisch zusammen. Die punktirte Curve gehört dem $\frac{d\varphi}{dc}$ an.



Es scheint hiernach die Hypothese, dass die Lage einer gesehenen Linie für uns sich kenntlich mache durch die Empfindung der die Bewegung des Auges längs dieser Linie hervorrufenden Spannung der Augenmuskel, mit der Erfahrung im Einklange zu stehen.

Wir können hier noch einer unmittelbaren Folgerung Erwähnung thun. Da, wie wir gesehen haben, die Empfindlichkeit für kleine Lagenänderungen einer Linie eine verschiedene ist, je nach der Lage dieser Linie; so folgt, dass auch ein und derselbe Winkel je nach der Lage eine verschiedene Empfindung der Abweichung erregen wird, wenn man so sagen darf.

Wem dies unwahrscheinlich dünken sollte, der betrachte die beiden nebenstehenden Figuren, welche obwohl der Gestalt nach congruent und nur durch die Lage verschieden, doch einen gänzlich verschiedenen Eindruck hervorbringen.



Es wäre eine naheliegende Aufgabe zu untersuchen, wie sich die mittleren Fehler gestalten, wenn man Winkel von verschiedener Lage gleichzumachen sucht. Doch werden hier die Erscheinungen nicht so klar hervortreten, da die Grösse der zwischen den Schenkeln des Winkels liegenden gefärbten Fläche gewiss mitwirkt zu dessen Beurtheilung.

Sollten in Zukunft auch manche von den hier ausgesprochenen Ansichten modificirt, manche verworfen werden, so scheint mir doch Eins klar, dass gerade nur durch diese Art von Untersuchungen, jene Bausteine zu einer exacten Psychologie zu gewinnen sind, welche ganz ausserhalb der Seele, rein im körperlichen Organismus liegen.

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Ent-
ckelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden
zukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe
Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche
urwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathema-
ch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie
r Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei
sonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der
neralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geo-
gie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die
s der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie,
eteorologie, physische Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit
usnahme von August und September, ein Heft welches drei
itzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige
bersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran,
lbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der
kademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung
12 Gulden Ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatab-
drücke in den Buchhandel und sind durch die akademische
Buchhandlung, Karl Gerold's Sohn zu beziehen.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND. II. HEFT.

Jahrgang 1861. — Februar.

(Mit 1 Tafel.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1861.

INHALT.

Seite

SITZUNGSBERICHTE

DER

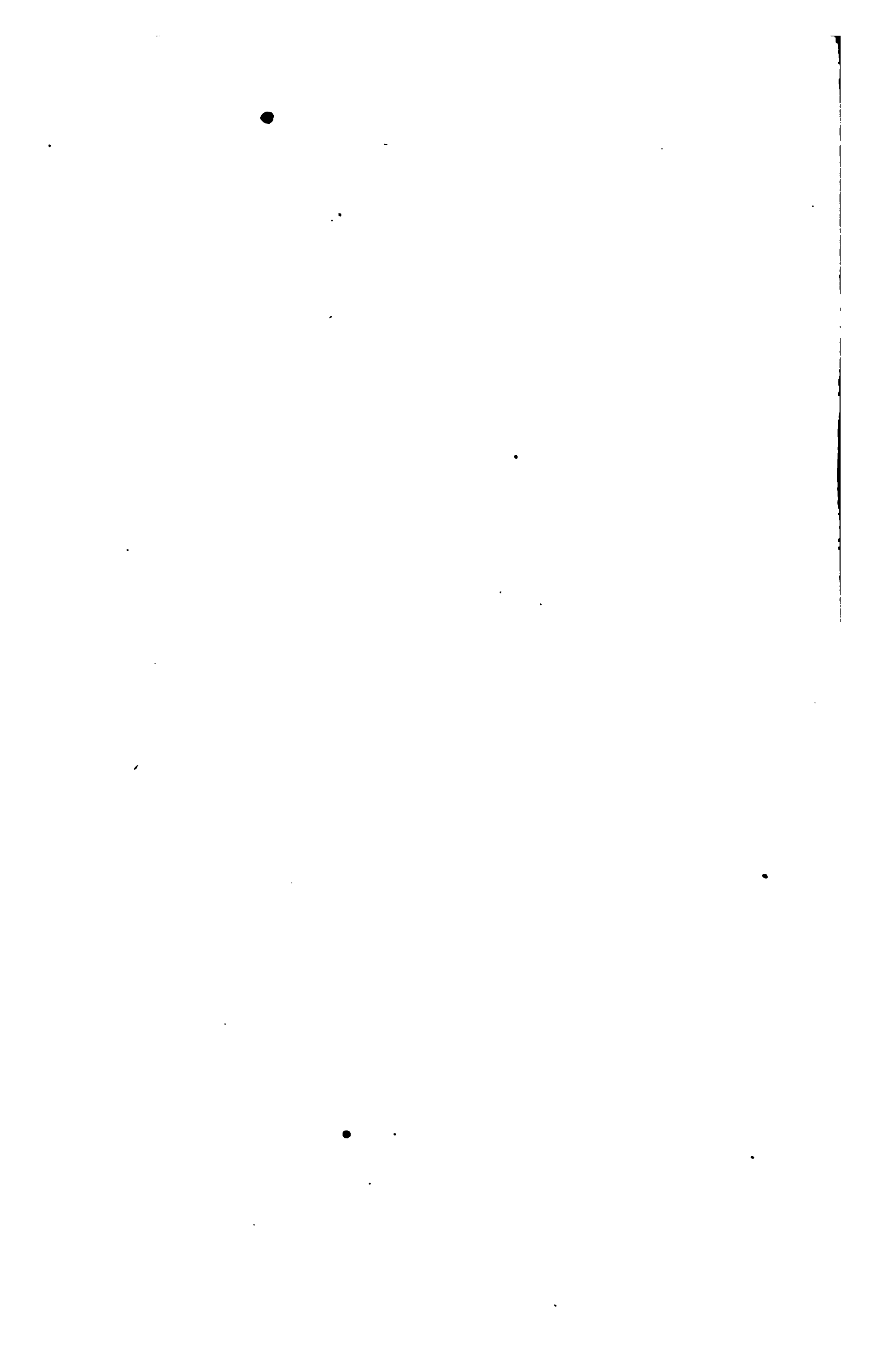
KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physische Geographie und Astronomie.



V. SITZUNG VOM 7. FEBRUAR 1861.

Das hohe k. k. Staats-Ministerium übermittelt mit Zuschrift vom 31. Jänner l. J., Z. $\frac{1184}{63}$, eine von Dr. D. J. Coster in holländischer Sprache veröffentlichte Broschüre, über die Gefährlichkeit der Mischung von Schirling mit Aniskörnern.

Das Mitglied des *Institut de France,* Herr J. B. Biot in Paris, dankt mit Schreiben vom 3. Februar l. J. für seine Wahl zum auswärtigen Ehrenmitgliede; dessgleichen sind von den Herren Prof. Dr. J. Czermak und Dr. M. Hörnes, Director des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes, für ihre Wahl zu correspondirenden Mitgliedern der Akademie Dankschreiben eingelangt.

Herr Hofrath W. Haidinger macht folgende Mittheilungen: „1. Das Doppelmeteor von Elmira und New Haven; 2. der Meteorsteinfall von Parnallee bei Madura in Hindostan; 3. vorläufige Nachrichten über Vorbereitungen zu einem zweiten meteorologischen See- und Land-Congress; 4. der Fortgang der Reise des Herrn Th. v. Heuglin".

Herr Regierungsrath Prof. Hyrtl überreicht eine Abhandlung: „Über das epigonale Kiemenorgan von *Lutodeira Chanos*". Dieselbe wird in den Denkschriften erscheinen.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Astronomische Nachrichten, Nr. 1293. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, V. Heft. Wien, 1861; 8°.

Biot, J. B., Etudes sur l'astronomie indienne. (Extr. du Journal des savants.) 1859; 4°. — Translation of the Sûrya-Siddhânta etc. Traduction du Sûrya-Siddhânta, traité classique de l'astronomie indienne, avec des notes et un appendice par le Rév.

E. B. Burgess, ancien missionnaire baptiste dans l'Inde, avec l'assistance du Comité de publication de la Société orientale d'Amérique. (Extrait du Journal des savants.) Paris, 1861; 4°. — Introduction aux recherches de mécanique chimique, dans lesquelles la lumière polarisée est employée auxiliairement comme réactif. (Extr. des Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. 59.) Paris; 8°.

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 5e Livraison. Paris, 1861; 8°.

Coster, D. J., Het Verschil tusschen de Anijsplant en de gevlekte Scheerling, voor Oningewijden in de Plantkunde beschreven. Met 2 gekleurde Steendrukplaten. Amsterdam, 1860; 8°.

Duval, Émile, La médecine contemporaine. (3me série de l'Hydrothérapie.) IIIe Année, Nr. 2 & 3. Paris, 1861; 8°.

Istituto, R., Lombardo di scienze, lettere ed arti, Atti. Vol. II. Fasc. IV, V & VI. Milano, 1860; 4°.

— I. R., Veneto di scienze, lettere ed arti, Atti. Tomo VI°, serie 3a, disp. 1a & 2a. Venezia, 1860—1861; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 4. Wien, 1861; Kl. 4°.

Über die Anwendung der optischen Eigenschaften in der Naturgeschichte unorganischer Naturproducte.

Von **Dr. Leander Ditscheiner.**

(Vorgetragen in der Sitzung am 18. October 1860.)

Durch die Untersuchungen Sénarmont's [1]) ist der Übergang der optischen Elasticitätsflächen von verschieden optisch-orientirten Substanzen durch Zusammenkrystallisirung der Letzteren festgestellt worden; es ist dadurch die Möglichkeit erwiesen, dass krystallographisch mehr-axige Substanzen optisch-einaxig und selbst einfach brechend sich zeigen; von einem Grenzgliede zum andern wird sich eine Reihe der optischen Orientirung herstellen lassen, die wegen ihrer leichten oder wenigstens verhältnissmässig leichten Beobachtung für die Naturgeschichte nicht ohne Werth ist. Ich habe bereits bei einer anderen Gelegenheit auf die Wichtigkeit dieser Eigenschaft aufmerksam gemacht, und es wird nun die Aufgabe sein, der genannten Reihe einen mathematischen Ausdruck zu geben. Wir stützen uns hierbei wieder auf die Fähigkeit isomorpher Substanzen in jedem beliebigen Verhältnisse ohne eine wesentliche Veränderung der Krystallform zusammenkrystallisiren zu können, eine Fähigkeit, welche wir als das oberste Princip bei der Begründung der naturhistorischen Species aufgestellt haben.

Zur Lösung unserer Aufgabe wollen wir uns ein Gemisch isomorpher Substanzen, von denen die eine S_1 mit m und die andere

---

[1]) Sénarmont, Ann. ch. phys. (3). 33. 413.

S_2 mit n Äquivalenten vertreten ist, denken, in welcher sich ein Lichtstrahl nach einer gewissen Richtung fortbewegen könne, der in einer bestimmten Ebene polarisirt sei. In jeder der ursprünglichen Substanzen sei sowohl die Fortpflanzungsrichtung des Lichtes als auch die Lage der Polarisations-Ebene dieselbe, wie im angegebenen Falle, unter der Voraussetzung, dass auch die krystallographischen Hauptrichtungen dieselbe Lage besitzen. In der ersten der beiden Substanzen bewege sich das Licht mit der Geschwindigkeit v_1, in der zweiten mit der Geschwindigkeit v_2; ein Äthertheilchen im Gemische der isomorphen Substanzen, wird also in der Richtung des gegebenen Lichtstrahles nach zwei Kräften bewegt, von denen die eine offenbar $\frac{mv'}{m+n}$, die andere $\frac{nv''}{m+n}$ ist. Es wird somit die Geschwindigkeit v im Gemische sein

$$V = \frac{mv'}{m+n} + \frac{nv''}{m+n} = \frac{mv' + nv''}{m+n},$$

d. h. die Geschwindigkeit des Lichtes in einem Gemische isomorpher Substanzen ist den Geschwindigkeiten des Lichtes der einzelnen Theile, sowie ihrem Antheile am Gemische proportional.

Bezeichnen wir mit q_1, q_2 und Q die Brechungsquotienten der einzelnen Substanzen und des Gemisches, so ist bekanntlich $q_1 = \frac{v}{r_1}$, $q_2 = \frac{v}{v_2}$ und $Q = \frac{v}{V}$, wobei v die Geschwindigkeit des Lichtes von derselben Farbennüance in der atmosphärischen Luft bedeutet. Wir haben also auch $v_1 = \frac{v}{q_1}$, $v_2 = \frac{v}{q_2}$ und endlich $V = \frac{v}{Q}$. Setzen wir diese Relationen in die oben gefundene Gleichung für V, so erhalten wir

$$\frac{1}{Q} = \frac{m\frac{1}{q_1} + n\frac{1}{q_2}}{m+n}.$$

woraus folgt, dass der reciproke Werth des Brechungsquotienten des Gemisches den reciproken Werthen der Brechungsquotienten der einzelnen isomorphen Substanzen und den Antheilen der letzteren am Gemische proportional sei. Nach dieser Gleichung folgt auch

$$Q = \frac{(m+n)\, q_1 q_2}{mq_2 + nq_1}.$$

Die Formel lässt sich leicht auf den Fall ausdehnen, wenn beliebig viele isomorphe Substanzen mit einander gemengt sind.

Die Gleichung für die Bewegung eines geradlinig polarisirten Lichtstrahles ist bekanntlich

$$y = a \sin \frac{2\pi t}{\delta},$$

wobei y die Grösse des nach Verlauf der Zeit t erfolgten Ausschlages, δ die für die Farbennüance constante Oscillationsdauer ist. a ist die Amplitude, die grösste Entfernung eines Äthertheilchens von seiner Ruhelage. Zur Zeit t sind also die Ausschläge in unseren ursprünglichen isomorphen Körpern

$$y_1 = a_1 \sin \frac{2\pi t}{\delta},$$

$$y_2 = a_2 \sin \frac{2\pi t}{\delta}$$

oder auch die Grösse der Kräfte, welche ein Äthertheilchen aus seiner Ruhelage zur Zeit t zu bringen suchen. Im Gemische wirken aber zur Zeit t auf einen gewissen Punkt des Lichtstrahles die Kräfte

$$y_1 = \frac{m}{m+n} a_1 \sin \frac{2\pi t}{\delta},$$

$$y_2 = \frac{n}{m+n} a_2 \sin \frac{2\pi t}{\delta},$$

welche sich zusammensetzen und diesen Punkt mit der Kraft Y aus seiner Ruhelage zu bringen suchen

$$Y = \frac{ma_1 + na_2}{m+n} \sin \frac{2\pi t}{\delta},$$

da der Lichtstrahl dieselbe Farbe im Gemische hat, so wird derselbe sich auch auf die Form bringen lassen

$$Y = A. \sin \frac{2\pi t}{\delta},$$

wobei also, da A die Grösse der Amplitude ist, diese sich ergibt als

$$A = \frac{ma_1 + na_2}{m+n},$$

d. h. die Oscillations-Amplitude des Gemisches ist den Oscillations-Amplituden der einzelnen isomorphen Substanzen und den Antheilen derselben am Gemische proportional.

Eben so findet man die Oscillations-Amplitude des Gemisches mehrerer isomorphen Substanzen.

Die Wellenlänge λ_1 wird durch die Gleichung $\lambda_1 = \frac{\lambda}{q_1}$, jene λ_2 durch $\lambda_2 = \frac{\lambda}{q_2}$ und endlich $\Lambda = \frac{\lambda}{Q}$ gegeben, woraus folgt $\frac{1}{q_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda}$ $\frac{1}{q_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda}$ und $\frac{1}{Q} = \frac{\Lambda}{\lambda}$, wobei λ die Grösse der Wellenlänge derselben Farbe in der atmosphärischen Luft bedeutet. Setzen wir die für $\frac{1}{q_1}$, $\frac{1}{q_2}$ und $\frac{1}{Q}$ in die oben gegebene Gleichung, so erhalten wir Λ, die Wellenlänge des Gemisches

$$\Lambda = \frac{m\lambda_1 + n\lambda_2}{m + n},$$

d. h. die Wellenlänge des Gemenges ist den Wellenlängen der gemengten isomorphen Substanzen und ihrem Antheile am Gemenge proportional.

Es sind diese Formeln hinreichend, um mit ihnen die Theorie der Lichtbewegung in Gemischen isomorpher Substanzen erklären zu können, sobald sich in denselben Richtungen finden lassen, die in den sämmtlichen derselben gleich gegen die krystallographischen Hauptaxen gestellte Polarisations-Ebenen besitzen. Wo dies nicht der Fall ist, und hieher gehören die Substanzen des anorthotypen Krystallsystems, werden wir auch einen anderen Weg einschlagen müssen.

In den im hexaëdrischen Krystallsysteme krystallisirten Körpern findet im Allgemeinen nur eine einfache Lichtbrechung Statt, und wegen der gleichmässigen Vertheilung des Lichtäthers ist die Wellenfläche eine Kugel. Das Licht bewegt sich im Innern derselben, ohne an eine bestimmte Polarisations-Ebene gebunden zu sein, sowie in einem amorphen Körper. Wir können uns aber, ohne der Lichtbewegung und den Erscheinungen derselben irgend einen Eintrag zu machen, denken, dass das Licht in irgend einer beliebigen, durch seine Richtung gehende Ebene polarisirt sei, und da wir bei

den isomorphen Substanzen diese Ebenen so wählen können, dass sie bei gleicher krystallographischer Aufstellung parallel sind, so folgt, dass die oben für ein gleichförmiges Gemisch isomorpher Substanzen entwickelten Formeln hier ihre Anwendung in unveränderter Form finden.

Sind also q_1 und q_2 die Brechungsquotienten zweier isomorpher hexaëdrischer Substanzen, so folgt, wenn m und n die Äquivalent-Antheile derselben am Gemische sind

$$\frac{1}{Q} = \frac{m\frac{1}{q_1} + n\frac{1}{q_2}}{m + n}$$

als der reciproke Werth der Brechungsquotienten des Gemisches.

Es sind diese Gesetze jedoch nur für isomorphe Substanzen von Geltung, indem nur bei ihnen (wegen des gleichen Atomvolumens) ein Nichteintreten einer Contraction vorausgesetzt werden kann. Dort wo Contraction eintritt, wie namentlich bei Flüssigkeiten, sind diese Formeln nicht anzuwenden.

Da die Brechungsquotienten für verschiedene Farben schon bei jeder der ursprünglichen Substanzen verschieden sind, so wird dies auch bei den Gemischen der Fall sein, und dies um so mehr, als stets die violet gefärbten Lichtstrahlen mehr als die rothen von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt erscheinen, also von einer Verminderung oder gar von einem gänzlichen Aufhören der Dispersion nicht die Rede sein kann, sobald diese an den ursprünglichen Substanzen sich gezeigt hat. Sind einmal die Geschwindigkeiten (und diese ergeben sich nach der Formel $v_1 = \frac{v}{q_1}$, wobei v die Geschwindigkeit derselben Farbe in der Luft bedeutet) für die einzelnen Farben gegeben, so sind auch die Wellenflächen (Kugeln vom Radius v_1) festgestellt, und es kann also keinen Schwierigkeiten unterliegen, in jedem gegebenen Falle die Dispersion zu bestimmen, indem man für jede Farbe den gebrochenen Strahl leicht bestimmen kann.

Zur Erklärung der Lichtbewegung in Substanzen mit einer optischen Axe dient der Ellipsoid E.

$$(x^2 + y^2)\, o^2 + z^2 e^2 = 1 \ldots E$$

Sind ω und ε die Brechungsquotienten für die ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen, so ist bekanntlich, wenn v die Geschwindigkeit des Lichtes der bestimmten Farbe in der Luft ist,

$$o = \frac{v}{\omega} \text{ und } e = \frac{v}{\varepsilon}.$$

Die Gleichung der Elasticitätsfläche für optisch-einaxige Körper ist bekanntlich

$$(x^2 + y^2 + z^2)^2 = (x^2 + y^2)\, o^2 + z^2 e^2.$$

Die Wellenfläche optisch-einaxiger Substanzen besteht aus zwei sich in ihren Polen berührenden Rotationsflächen; diejenige für die ordentlichen Strahlen ist eine Kugel vom Radius $\nu = \frac{\nu}{\omega}$, jene ein Rotationsellipsoid, dessen Rotationsaxe $\frac{\nu}{\omega}$, dessen grösster Parallelkreis aber den Radius $\frac{\nu}{\varepsilon}$ besitzt. Ist ε grösser als ω, so sind die Substanzen positiv, die Kugel schliesst also das Rotationsellipsoid ein, während, wenn ω grösser als ε, die Krystalle negativ sind, das Rotationsellipsoid die Kugel einschliesst. Nach der Richtung der Hauptaxe findet keine doppelte Brechung Statt; das Licht bewegt sich ohne eine bestimmte Polarisation zu besitzen, so wie in tesseralen Krystallen. Haben wir desshalb zwei isomorphe Substanzen und ω_1 und ω_2 ihre Brechungsquotienten, so bewegt sich das Licht in der Richtung der Hauptaxe mit den Geschwindigkeiten $\nu_1 = \frac{\nu}{\omega_1}$ und $\nu_2 = \frac{\nu}{\omega_2}$, folglich haben wir für die Geschwindigkeit des Lichtes im Gemische

$$V = \frac{m}{m+n}\nu_1 + \frac{n}{m+n}\nu_2$$

oder, da auch $V = \frac{\nu}{\theta}$ ist, auch

$$\frac{1}{\theta} = \frac{m\frac{1}{\omega_1} + n\frac{1}{\omega_2}}{m+n}.$$

Senkrecht auf die Hauptaxe bewegen sich zwei Strahlen von verschiedener Geschwindigkeit; der eine hat die durch den Lichtstrahl und Hauptaxe gehende Ebene zur Polarisations-Ebene, seine Geschwindigkeit ist $\frac{\nu}{\varepsilon}$; der zweite hat seine Polarisation auf der

genannten Polarisations-Ebene senkrecht stehend und $\frac{\nu}{\omega}$ zur Geschwindigkeit. Wählt man nun die Richtungen des Lichtstrahles in beiden isomorphen Substanzen gleich, so haben sie auch parallele Polarisations-Ebenen, und in einem Gemische dieser beiden Substanzen werden sich die Strahlen, welche gleiche Polarisations-Ebenen haben, zusammensetzen und die Geschwindigkeiten werden sein

$$Vw = \frac{m}{m+n}\,\nu w_{,} + \frac{n}{m+n}\,\nu w_2,$$

$$V\varepsilon = \frac{m}{m+n}\,\nu \varepsilon_{,} + \frac{n}{m+n}\,\nu \varepsilon_2,$$

woraus wir wieder ableiten können

$$\frac{1}{\theta} = \frac{m\frac{1}{w_1} + n\frac{1}{w_2}}{m+n},$$

$$\frac{1}{E} = \frac{m\frac{1}{\varepsilon_1} + n\frac{1}{\varepsilon_2}}{m+n}.$$

Es sind hierbei wieder m und n die Äquivalent-Antheile der einzelnen Substanzen am Gemenge, ω_1 und ω_2 die Brechungsquotienten der ordentlichen und ε_1 und ε_2 diejenigen der ausserordentlichen Strahlen der beiden isomorphen Substanzen S_1 und S_2.

Sind mehrere Substanzen A, B, C, D .... mit den Brechungsquotienten $\omega_1\,\varepsilon_1$, $\omega_2\,\varepsilon_2$, $\omega_3\,\varepsilon_3$, $\omega_4\,\varepsilon_4$, ... $\omega_n\,\varepsilon_n$ und den Äquivalentantheilen $a, b, c, d \ldots n$ in Verbindung, so sind:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{a\frac{1}{w_1} + b\frac{1}{w_2} + c\frac{1}{w_3} + d\frac{1}{w_4} + \ldots + n\frac{1}{w_n}}{a+b+c+\ldots\ldots+n},$$

$$\frac{1}{E} = \frac{a\frac{1}{\varepsilon_1} + b\frac{1}{\varepsilon_2} + c\frac{1}{\varepsilon_3} + d\frac{1}{\varepsilon_4} + \ldots + n\frac{1}{\varepsilon_n}}{a+b+c+\ldots\ldots+n}$$

die Brechungsquotienten für die ordentlichen und die ausserordentlichen Strahlen des Gemenges.

Das doppelt-arsensaure und das doppelt-phosphorsaure Kali sind isomorph, und für ersteres sind $\omega = 1\cdot591$, $\varepsilon = 1\cdot536$, für letzteres $\omega = 1\cdot508$, $\varepsilon = 1\cdot476$. Sén. Die folgende Zusammenstellung enthält die für 10 zu 10 Äquiv. berechneten Brechungs-

quotienten des Gemisches. m bedeutet die Äquivalente der ersteren, n jene der letzteren der genannten Substanzen.

m	n	w	ε
0	100	1·508	1·476
10	90	1·516	1·482
20	80	1·524	1·487
30	70	1·532	1·493
40	60	1·540	1·499
50	50	1·549	1·505
60	40	1·556	1·511
70	30	1·565	1·517
80	20	1·577	1·524
90	10	1·583	1·530
100	0	1·591	1·536

Da beide Substanzen negativ sind, so ist es auch jedes der Gemische.

Ist einer der beiden isomorphen Körper positiv, der andere negativ, so wird bei einem gewissen Mischungsverhältniss das erhaltene Gemenge weder positiv noch negativ sein können, sondern es wird blos einfache Strahlenbrechung zeigen. Sénarmont hat (a. a. O.) diesen Übergang durch Zusammenkrystallisiren des unterschwefelsauren Bleioxydes und Strontians empirisch nachgewiesen. Sind ω_1, ω_2, ε_1 und ε_2 gegeben, so kann das Mischungsverhältniss leicht berechnet werden. Wir haben oben gefunden

$$\frac{1}{\theta} = \frac{m\frac{1}{w_1} + n\frac{1}{w_2}}{m+n},$$

$$\frac{1}{E} = \frac{m\frac{1}{\varepsilon_1} + n\frac{1}{\varepsilon_2}}{m+n}.$$

Soll nur einfache Brechung stattfinden, so muss offenbar $\frac{1}{\theta} = \frac{1}{E}$ sein, woraus folgt

$$\frac{mw_2 + nw_1}{w_1 w_2} = \frac{m\varepsilon_2 + n\varepsilon_1}{\varepsilon_1 \varepsilon_2}.$$

Aus dieser Gleichung können wir nun $\frac{m}{n}$ berechnen und erhalten

$$\frac{m}{n} = -\frac{w_1 \varepsilon_1}{\varepsilon_2 w_2} \cdot \frac{w_2 - \varepsilon_2}{w_1 - \varepsilon_1}$$

oder für $m + n = 100$, was wir zu setzen berechtigt, ergibt den Werth vom m als

$$\frac{m}{100} = \frac{\varepsilon_1 w_1 (w_2 - \varepsilon_2)}{\varepsilon_1 w_1 (w_2 - \varepsilon_2) - \varepsilon_2 w_2 (w_1 - \varepsilon_1)}.$$

Mit Hilfe der oben gegebenen Gleichungen sind wir nun im Stande die Bedingung zu entwickeln, unter welcher es möglich, dass durch Vermischung ein einfach brechender Körper entsteht. Da m alle Werthe von 0 bis 100 annehmen kann, so wird $\frac{100}{m}$ alle Werthe von 1 bis ∞ annehmen können; es wird also

$$-\frac{\frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{w_1}}{\frac{1}{\varepsilon_2} - \frac{1}{w_2}} \gtrless \text{ als } 1$$

sein müssen; das wird aber nur dann der Fall sein, wenn $\frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{w_1}$ und $\frac{1}{\varepsilon_2} - \frac{1}{w_2}$ verschiedene Zeichen haben, es muss also sein

$$\frac{1}{\varepsilon_1} > \frac{1}{w_1} \text{ und } \frac{1}{\varepsilon_2} < \frac{1}{w_2} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\varepsilon_1} < \frac{1}{w_1} \text{ und } \frac{1}{\varepsilon_2} > \frac{1}{w_2}.$$

d. h. es müssen beide Substanzen verschiedenen optischen Charakter besitzen. Haben sie gleichen optischen Charakter, sind also beide positiv oder beide negativ, so wird $\frac{100}{m}$ eine kleinere Zahl als die Einheit oder m grösser als 100 und kleiner als 0, Werthe, die für diesen Fall undenkbar sind.

Da die einzelnen Farben verschiedene ω und ε besitzen, so ist es möglich, dass in einem Krystalle das Licht einfach brechend ist für eine bestimmte Farbe, während es für die übrigen doppelt brechend, und zwar einerseits von positiv, andererseits von negativem optischen Charakter. Es ist dies sowohl in Gemischen des unterschwefelsauren Bleioxydes und Strontians, als auch bei zweien der drei verschiedenen Varietäten der Apophylites der Fall. Bei der ersten Varietät ändert von dem einen Ende des Spectrums zum andern fortgeschritten sich der Charakter der Doppelbrechung, indem sie beim Übergange im indigofarbenen Theile einfach brechend wird. Die

zweite Varietät verhält sich eben so, nur findet bei ihr der Übergang von positiv in negativ im Gelb Statt. Die dritte Varietät endlich, der Leucocyclit, ist für alle Strahlen positiv.

Für die Substanzen des orthotypen Krystallsystems hat man zur Erklärung der Lichtbewegung das Ellipsoid E, dessen Gleichung bekanntlich ist

$$a^2 x^2 + b^2 y^2 + c^2 z^2 = 1.$$

Man hat dabei

$$a = \frac{\nu}{\alpha}\ , \quad b = \frac{\nu}{\beta} \text{ und } c = \frac{\nu}{\gamma},$$

wo α, β und γ die Hauptbrechungsquotienten bedeuten.

Nach einer bestimmten Richtung bewegen sich in einem solchen Krystalle Strahlen von verschiedener Geschwindigkeit und auf einander senkrecht stehenden Polarisations-Ebenen. Um diese Attribute zu bestimmen, legt man durch den Mittelpunkt des Ellipsoides E eine auf der Richtung des Strahles senkrecht stehende Ebene. Die reciproken Werthe der Längen der Halbaxen der hierdurch als Schnitt erhaltenen Ellipse bedingen die Geschwindigkeit der Strahlen, deren Polarisations-Ebene durch eben diese Halbaxen und die Richtung des Lichtstrahles bestimmt wird. Nach der Richtung der Axen werden sich also Strahlen bewegen, deren Polarisations-Ebenen die für alle Fälle constanten coordinirten Ebenen sind. Die Geschwindigkeit ist der reciproke Werth der in der genannten Ebene liegende und auf der Lichtrichtung senkrecht stehende andere Halbaxe des Ellipsoides.

Nach der Richtung der Krystallaxe a bewegen sich also zwei Strahlen mit den Geschwindigkeiten b und c, die in den Ebenen ab und ac polarisirt sind. Sind also in zwei isomorphen Substanzen $\mathfrak{a}_{,}$, $\mathfrak{b}_{,}$ und $\mathfrak{c}_{,}$, sowie $\mathfrak{a}_{,,}$, $\mathfrak{b}_{,,}$ und $\mathfrak{c}_{,,}$ die den Krystallaxen a, b und c entsprechenden optischen Elasticitätsaxen, so bewegen sich in jedem in der Richtung von a zwei Strahlen mit den Geschwindigkeiten

$$a \begin{cases} \mathfrak{b}_{,} & , \quad \mathfrak{c}_{,} \\ \mathfrak{b}_{,,} & , \quad \mathfrak{c}_{,,} \end{cases}$$

die in der Ebene ab und ac polarisirt sind. In der Richtung von b bewegen sich zwei Strahlen

$$b \begin{cases} \mathfrak{a}_{\prime} \ , \ \mathfrak{c}_{\prime} \\ \mathfrak{a}_{\prime\prime} \ , \ \mathfrak{c}_{\prime\prime} \end{cases}$$

die in *ab* und *bc* polarisirt, und endlich nach *c* bewegen sich die Strahlen mit den Geschwindigkeiten

$$c \begin{cases} \mathfrak{a}_{\prime} \ , \ \mathfrak{b}_{\prime} \\ \mathfrak{a}_{\prime\prime} \ , \ \mathfrak{b}_{\prime\prime} \end{cases}$$

Die Strahlen, die in der Ebene *ab* und nach der Richtung von *a* sich bewegen, können sich zusammensetzen, und sind *m* und *n* die Äquivalentantheile beider Substanzen, so folgt

$$\mathfrak{B} = \frac{m\mathfrak{b}_{\prime} + n\mathfrak{b}_{\prime\prime}}{m+n},$$

wenn $\mathfrak{B}$ die $\mathfrak{b}_{\prime}$ und $\mathfrak{b}_{\prime\prime}$ entsprechende Elasticitätsaxe oder Geschwindigkeit des Lichtes bedeutet. Ebenso erhält man für den zweiten in der Richtung von *a* sich bewegenden Strahl

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_{\prime} + n\mathfrak{c}_{\prime\prime}}{m+n}$$

und ebenso für die in der Richtung von *b* sich bewegenden beiden Strahlen

$$\mathfrak{A} = \frac{m\mathfrak{a}_{\prime} + n\mathfrak{a}_{\prime\prime}}{m+n},$$

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_{\prime} + n\mathfrak{c}_{\prime\prime}}{m+n},$$

so wie für die nach der Richtung von *c* sich fortpflanzenden Strahlen

$$\mathfrak{A} = \frac{m\mathfrak{a}_{\prime} + n\mathfrak{a}_{\prime\prime}}{m+n},$$

$$\mathfrak{B} = \frac{m\mathfrak{b}_{\prime} + n\mathfrak{b}_{\prime\prime}}{m+n},$$

Da aber nach der Gleichung für die Elasticitätsfläche

$$(x^2 + y^2 + z^2)^2 = \mathfrak{a}^2 x^2 + \mathfrak{b}^2 y^2 + \mathfrak{c}^2 z^2$$

$\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ (weil wir mit Grailich und von Lang die Elasticitätsaxen mit deutschen Buchstaben bezeichnen) die Axen dieser Fläche sind, so folgt, dass die Elasticitätsaxen des Gemisches

den entsprechenden Elasticitätsaxen der ursprünglichen isomorphen Substanzen und ihrem Antheile am Gemische proportional sind, denn wir haben

$$\mathfrak{A} = \frac{m\mathfrak{a}_{,} + n\mathfrak{a}_{,,}}{m+n},$$

$$\mathfrak{B} = \frac{m\mathfrak{b}_{,} + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n},$$

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_{,} + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n}.$$

Setzen wir statt $\mathfrak{a}_{,}$, $\mathfrak{a}_{,,}$, $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{b}_{,}$, $\mathfrak{b}_{,,}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{c}_{,}$, $\mathfrak{c}_{,,}$ und $\mathfrak{C}$ die ihnen entsprechenden Werthe

$$\frac{\nu}{\alpha_{,}}, \quad \frac{\nu}{\alpha_{,,}}, \quad \frac{\nu}{A};$$

$$\frac{\nu}{\beta_{,}}, \quad \frac{\nu}{\beta_{,,}}, \quad \frac{\nu}{B};$$

$$\text{und} \quad \frac{\nu}{\gamma_{,}}, \quad \frac{\nu}{\gamma_{,,}}, \quad \frac{\nu}{\Gamma};$$

wo $\alpha_{,}$ $\beta_{,}$ $\gamma_{,}$, $\alpha_{,,}$ $\beta_{,,}$ $\gamma_{,,}$ und A, B, Γ die Hauptbrechungsquotienten bedeuten, so haben wir

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{A} &= \frac{m\frac{1}{\alpha_{,}} + n\frac{1}{\alpha_{,,}}}{m+n} \\ \frac{1}{B} &= \frac{m\frac{1}{\beta_{,}} + n\frac{1}{\beta_{,,}}}{m+n} \\ \frac{1}{\Gamma} &= \frac{m\frac{1}{\gamma_{,}} + n\frac{1}{\gamma_{,,}}}{m+n} \end{aligned}\right\},$$

d. h. der reciproke Werth der Hauptbrechungsquotienten ist den ihnen entsprechenden reciproken Hauptbrechungsquotienten der ursprünglichen Substanzen und den ihnen entsprechenden Antheilen am Gemische proportional.

Da man gewöhnlich mit α den grössten, β den mittleren und γ den kleinsten Brechungsquotienten bezeichnet, so wollen wir hier, weil wir $\mathfrak{a}$ als die grösste, $\mathfrak{b}$ als die mittlere und $\mathfrak{c}$ als die kleinste Elasticitätsaxe bezeichnen, auch umgekehrt α als den kleinsten, β

als den mittleren und γ als den grössten der Hauptbrechungsquotienten bezeichnen. Unsere oben aufgestellten Formeln werden also nur für die Orientirung

$$\begin{matrix} (\mathfrak{a}_{,} & , & \mathfrak{b}_{,} & , & \mathfrak{c}_{,}) \\ (\mathfrak{a}_{,,} & , & \mathfrak{b}_{,,} & , & \mathfrak{c}_{,,}) \end{matrix}$$

also für gleiche Orientirung der beiden isomorphen Substanzen von Giltigkeit sein. Findet eine andere Orientirung, z. B.:

$$\begin{matrix} (\mathfrak{b}_{,} & , & \mathfrak{c}_{,} & , & \mathfrak{a}_{,}) \\ (\mathfrak{c}_{,,} & , & \mathfrak{a}_{,,} & , & \mathfrak{b}_{,,}) \end{matrix}$$

Statt, so hat man im zweiten Falle zu schreiben statt $\mathfrak{a}_{,}$ $\mathfrak{b}_{,}$, statt $\mathfrak{b}_{,}$ $\mathfrak{c}_{,}$ und statt $\mathfrak{c}_{,}$ $\mathfrak{a}_{,}$, und statt $\mathfrak{a}_{,,}$ $\mathfrak{c}_{,,}$, statt $\mathfrak{b}_{,,}$ $\mathfrak{a}_{,,}$ und statt $\mathfrak{c}_{,,}$ $\mathfrak{b}_{,,}$; wir werden also haben

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{A} &= \frac{m\frac{1}{\beta_{,}} + n\frac{1}{\gamma_{,,}}}{m+n} \\ \frac{1}{B} &= \frac{m\frac{1}{\gamma_{,}} + n\frac{1}{\alpha_{,,}}}{m+n} \\ \frac{1}{\Gamma} &= \frac{m\frac{1}{\alpha_{,}} + n\frac{1}{\beta_{,,}}}{m+n} \end{aligned}\right\},$$

wobei A, B und Γ, die den Krystallaxen a, b und c entsprechenden Hauptbrechungsquotienten sich ergeben werden. Das optische Axenschema eines Gemisches wird in einem solchen Falle erst nach der Berechnung der Brechungsquotienten aufgestellt werden können, indem im Allgemeinen dasselbe sich nicht vorher bestimmen lässt.

Die optischen Axen befinden sich stets in der Ebene der grössten und kleinsten Elasticitätsaxe, und wir haben

$$\cos X_1 = +\sqrt{\frac{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{c}^2}} \text{ und}$$

$$\cos Z_1 = +\sqrt{\frac{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{c}^2}}$$

als die Cosinuse der Neigungswinkel, den die optischen Axen mit den coordinirten Axen x und z oder den Elasticitätsaxen $\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{a}$ einschliessen, und

$\cos 2X_1$

ist der Winkel, den die optischen Axen gegen einander einschliessen. $\mathfrak{a}$ ist die erste, $\mathfrak{c}$ die zweite Mittellinie, und das Zeichen von $\cos 2X_{,}$ bestimmt den positiven oder negativen optischen Charakter. Wir können die oben für $\frac{1}{A}$, $\frac{1}{B}$ und $\frac{1}{\Gamma}$ gefundenen Gleichungen auch auf die Form bringen

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{\alpha_{,,}} + \frac{m}{m+n}\left(\frac{1}{\alpha_{,}} - \frac{1}{\alpha_{,,}}\right),$$

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{\beta_{,,}} + \frac{m}{m+n}\left(\frac{1}{\beta_{,}} - \frac{1}{\beta_{,,}}\right),$$

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\gamma_{,,}} + \frac{m}{m+n}\left(\frac{1}{\gamma_{,}} - \frac{1}{\gamma_{,,}}\right).$$

Sollen z. B. im Gemische $\frac{1}{A}$ und $\frac{1}{B}$ gleich sein, also das Gemisch optisch einaxig werden, so haben wir die Gleichung

$$\frac{1}{\alpha_{,,}} + \frac{m}{m+n}\left(\frac{1}{\alpha_{,}} - \frac{1}{\alpha_{,,}}\right) = \frac{1}{\beta_{,,}} + \frac{m}{m+n}\left(\frac{1}{\beta_{,}} - \frac{1}{\beta_{,,}}\right),$$

woraus wir erhalten, wenn $m + n = 100$ gesetzt wird,

$$\frac{m}{100} = \frac{1}{1 - \left(\dfrac{\frac{1}{\alpha_{,}} - \frac{1}{\beta_{,}}}{\frac{1}{\alpha_{,,}} - \frac{1}{\beta_{,,}}}\right)} \quad \ldots\ldots 1.$$

Ebenso finden wir für $\frac{1}{A} = \frac{1}{\Gamma}$

$$\frac{m}{100} = \frac{1}{1 - \left(\dfrac{\frac{1}{\alpha_{,}} - \frac{1}{\gamma_{,}}}{\frac{1}{\alpha_{,,}} - \frac{1}{\gamma_{,,}}}\right)} \quad \ldots\ldots 2.$$

und endlich für $\frac{1}{B} = \frac{1}{\Gamma}$, ist

$$\frac{m}{100} = \frac{1}{1 - \left(\dfrac{\frac{1}{\beta_{,}} - \frac{1}{\gamma_{,}}}{\frac{1}{\beta_{,,}} - \frac{1}{\gamma_{,,}}}\right)} \quad \ldots\ldots 3.$$

Es sind dies die Bedingungsgleichungen um die Axen c, b und a zu optischen Axen zu machen. Es ist dies bei 1. nur dann der Fall, wenn

$$\alpha_, > \beta_, \;,\; \alpha_{,,} < \beta_{,,} \text{ oder } \alpha_, < \beta_, \;,\; \alpha_{,,} > \beta_{,,}$$

bei 2. nur dann, wenn

$$\alpha_, > \gamma_, \;,\; \alpha_{,,} < \gamma_{,,} \text{ oder } \alpha_, < \gamma_, \;,\; \alpha_{,,} > \gamma_{,,}$$

und endlich bei 3. nur, wenn

$$\beta_, > \gamma_, \;,\; \beta_{,,} < \gamma_{,,} \text{ oder } \beta_, < \gamma_, \;,\; \beta_{,,} > \gamma_{,,}$$

wobei wir also nicht voraussetzen $\alpha_, < \beta_, < \gamma_,$ und $\alpha_{,,} < \beta_{,,} < \gamma_{,,}$, sondern dass $\mathfrak{a}_, \mathfrak{b}_, \mathfrak{c}_,$ und $\mathfrak{a}_{,,} \mathfrak{b}_{,,} \mathfrak{c}_{,,}$ die Grössen der Elasticitätsaxen sind, wie sie den Krystallaxen *a*, *b* und *c* entsprechen.

Soll in einem orthotypen Krystalle nur einfache Brechung stattfinden, so muss $\frac{1}{A} = \frac{1}{B} = \frac{1}{\Gamma}$ sein; dass aus 1., 2. und 3. folgende *m* muss also denselben Werth haben, und es ist

$$\frac{1}{1 - \left(\dfrac{\frac{1}{\alpha_,} - \frac{1}{\beta_,}}{\frac{1}{\alpha_{,,}} - \frac{1}{\beta_{,,}}}\right)} = \frac{1}{1 - \left(\dfrac{\frac{1}{\alpha_,} - \frac{1}{\gamma_,}}{\frac{1}{\alpha_{,,}} - \frac{1}{\gamma_{,,}}}\right)}$$

also die Bedingungsgleichung für die Möglichkeit des Stattfindens einer einfachen Brechung.

Wir können diese Gleichung auch auf die Form bringen:

$$\frac{\beta_,(\beta_{,,} - \alpha_{,,})}{\alpha_,\beta_,(\beta_{,,} - \alpha_{,,}) - \alpha_{,,}\beta_{,,}(\beta_, - \alpha_,)} = \frac{\gamma_,(\gamma_{,,} - \alpha_{,,})}{\alpha_,\gamma_,(\gamma_{,,} - \alpha_{,,}) - \alpha_{,,}\gamma_{,,}(\gamma_, - \alpha_,)}$$

Wird also dieser Gleichung Genüge geleistet, so findet bei einem bestimmten Mischungsverhältnisse einfache Brechung Sattt, und der Werth von *m* ergibt sich aus jeder der oben unter 1., 2. und 3. gegebenen Gleichungen. Für gleiche Orientirung wird also kein Gemischverhältniss eine einfache Brechung hervorbringen.

Der Schwerspath $BaO \cdot SO_3$ und der Anhydrit $CaO \cdot SO_3$ sind zwei isomorphe Mineralien von ganz verschiedener optischer

Orientirung. Es sind für sie die Brechungsquotienten und die Axenschemata

$BaO.SO_3$ $\alpha = 1\cdot643$ $\beta = 1\cdot645$ $\gamma = 1\cdot655$, (abc̦)
$CaO.SO_3$ $\alpha = 1\cdot576$ $\beta = 1\cdot614$ $\gamma = 1\cdot571$, (bc̦a)

Die folgende Zusammenstellung enthält nun die gerechneten Brechungscoëfficienten und Axenwinkel, so wie das hiernach bestimmte Axenschema der von 10 zu 10 Äquiv. verschiedenen Gemische.

m	n	α	β	γ	AB	Axenschema
100	0	1·643	1·645	1·655	40° 8′	abc̦
90	10	1·636	1·642	1·647	81 8	abc̦
80	20	1·629	1·638	1·638	0	a̦cc b=c
70	30	1·622	1·635	1·629	89 4	a̦cb
60	40	1·616	1·632	1·623	83 46	ac̦b
50	50	1·609	1·629	1·613	54 8	ac̦b
40	60	1·602	1·626	1·605	40 24	ac̦b
30	70	1·596	1·623	1·596	0	ac̦a a=b
20	80	1·589	1·620	1·588	20 40	bc̦a
10	90	1·582	1·617	1·579	40 30	bc̦a
0	100	1·576	1·614	1·571	40 46	bc̦a

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass der Winkel der optischen Axen in der Ebene YZ immer grösser und grösser wird, und zwar so lange bis nur eine Axe der doppelten Strahlenbrechung vorhanden, die sodann mit der Axe der Z übereinstimmt. Die optischen Axen treten sodann in die Ebene XZ, werden immer einen grösseren Axenwinkel bilden, der anfänglich negative optische Charakter geht in den positiven über, bis endlich der Axenwinkel neuerdings 180° wird, und abermals nur eine optische Axe, die Axe X, vorhanden. Sodann tritt die Ebene der optischen Axen in die XY über, um endlich ein Axenwinkel von 40°46′ als Maximum zu bilden. Keines der Gemische kann hier einfache Brechung zeigen, weil die Werthe für $\alpha_{,} \beta_{,} \gamma_{,}$, $\alpha_{,,} \beta_{,,}$ und $\gamma_{,,}$ der obengegebenen Bedingungsgleichung nicht Genüge leisten.

Für jede Farbe ist der Übergang von einer Elasticitätsfläche in die andere auch ein anderer. Es ist also hier die Möglichkeit geliefert, dass die Substanz für gewisse Farbe einfach oder doppeltbrechend mit einer optischen Axe ist, während sie für andere doppeltbrechend ist. Es zeigen sich auf diese Weise sehr schöne Interferenz-Erscheinungen, die sobald $\alpha \beta \gamma$ für jede Substanz und

jede Farbe gegeben sind, nach den oben angeführten sich leicht vorausbestimmen lassen.

Haben 1. die beiden isomorphen Substanzen eine gleiche Orientirung, sind also ihre Axenschemas $\mathfrak{a}\,\mathfrak{b}\,\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{a}\,\mathfrak{b}\,\mathfrak{c}$, so wird auch jedes Mittelglied dieses Axenschema besitzen, die Ebene der optischen Axen wird also stets dieselbe bleiben. Sind beide positiv oder beide negativ, so wird auch jedes Zwischenglied denselben optischen Charakter haben; ist aber die eine der Substanzen positiv, die andere negativ, so wird in einem Zwischengliede weder das Eine noch das Andere gefunden werden können; es wird der Winkel der optischen Axen für dasselbe = 90° sein. Es wird nicht schwer sein, das Mischungsverhältniss zu bestimmen, unter welchen dies eintritt. Wir haben oben gefunden

$$\cos X_{,} = \sqrt{\frac{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{c}^2}},$$

wobei $X_{,}$ der halbe Winkel der optischen Axen ist. Somit ist $X_{,} =$ 45°, $\cos X_{,} = \sqrt{\frac{1}{2}}$, also auch

$$\frac{\mathfrak{A}^2 - \mathfrak{B}^2}{\mathfrak{A}^2 - \mathfrak{C}^2} = \frac{1}{2},$$

wobei natürlich $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ die oben gegebenen, ihnen entsprechenden Werthe haben. Da aber $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ nur Functionen von $\mathfrak{a}_{,} \mathfrak{b}_{,} \mathfrak{c}_{,}$, $\mathfrak{a}_{,,}$ $\mathfrak{b}_{,,}$ $\mathfrak{c}_{,,}$, m und n sind, so ist es keinen Schwierigkeiten unterworfen m zu bestimmen.

2. Für die Orientirung $\mathfrak{a}\,\mathfrak{b}\,\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{c}\,\mathfrak{b}\,\mathfrak{a}$ wird die Ebene der optischen Axen ebenfalls unverändert bleiben. In gewissen Fällen wird $\mathfrak{b}$ zur einzigen optischen Axe werden können.

3. Sind beide Substanzen nach $\mathfrak{a}\mathfrak{b}\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{a}\mathfrak{c}\mathfrak{b}$ orientirt, so nähern sich die optischen Axen immer mehr und mehr der Elasticitätsaxe $\mathfrak{a}$, indem sie sich in der Ebene YZ gegen $\mathfrak{a}$ bewegen, bis sie endlich in derselben zusammenfallen. Die Ebene der optischen Axen tritt sodann in die Ebene XZ über, in welcher sich die optischen Axen sodann immer mehr und mehr von einander entfernen, bis die Axen den der zweiten Substanz entsprechenden Winkel erreichen.

4. Etwas ganz Ähnliches zeigt sich auch bei der Orientirung $\mathfrak{a}\mathfrak{b}\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{b}\mathfrak{a}\mathfrak{c}$ der isomorphen Substanzen. Die optischen Axen nähern sich in der Ebene ZY immer mehr der gemeinschaftlichen, bis sie

endlich mit dieser selbst, d. i. mit der Axe OY zusammenfallen, und sich sodann in der Ebene XY wieder zu entfernen, um den Winkel der zweiten Substanz zu erreichen.

5. Die Orientirung $\mathfrak{abc}$ und $\mathfrak{bca}$ ergibt, dass sich im Gemische die optischen Axen immer mehr der Axe OY in der Ebene YZ nähern, um endlich mit ihr zusammenzufallen. Die genannten Axen treten sodann in die Ebene XY, entfernen sich von OY immer mehr und mehr, um sich stets OX zu nähern, bis sie mit letzterer zusammenfallen, um sich endlich auch von dieser in der Ebene XZ immer zu entfernen und sich dem Winkel und Axen der zweiten Substanz zu nähern und mit ihnen zusammenzufallen.

6. Den sechsten und letzten Fall der verschiedenen Orientirung, nämlich $\mathfrak{abc}$ und $\mathfrak{bca}$, haben wir bereits oben ausführlich behandelt.

Über den optischen Charakter der letzteren Fälle lässt sich im Allgemeinen nichts bestimmen, da derselbe nicht nur von m und n, die wir beliebig wählen könnten, sondern auch von $\mathfrak{a}_{,}$ $\mathfrak{b}_{,}$ $\mathfrak{c}_{,}$, $\mathfrak{a}_{,,}$ $\mathfrak{b}_{,,}$ und $\mathfrak{c}_{,,}$ abhängig ist; doch ist es in jedem speciellen Falle leicht denselben richtig zu bestimmen.

In den Substanzen des hemiorthotypen Krystallsystems ist nur mehr eine optische Elasticitätsaxe mit einer krystallographischen Axe übereinstimmend, und zwar ist es jene, welche auf der krystallographischen Hauptaxe senkrecht steht. Wir denken uns nämlich wieder das Grundhemiorthotyp so gestellt, dass die Hauptaxe vertical, die auf ihr senkrecht stehende Diagonale in die Sehrichtung zu liegen kommt, und die zweite, gegen die Hauptaxe schief gestellte Diagonale, senkrecht auf die Sehrichtung steht. Die zweite Elasticitätsaxe bildet im Allgemeinen in verschiedenen isomorphen Substanzen auch verschiedene Winkel mit der verticalen krystallographischen Hauptaxe. Die dritte Elasticitätsaxe steht auf der zweiten wie auf der ersten senkrecht.

Jeder Richtung, die in der Ebene der krystallographischen Hauptaxe der zweiten und dritten Elasticitätsaxe zu liegen kommt, entsprechen zwei Lichtstrahlen, von denen der eine stets in der genannten, der zweite stets in einer auf dieser senkrecht stehenden Ebene polarisirt ist. Bei isomorphen Substanzen haben desshalb in dieser Ebene gleich gelegte Richtungen von Lichtstrahlen gleiche Polarisations-Ebenen; wir können also für solche die oben ange-

gebenen Formeln in Anwendung bringen. Für jede andere Richtung ist dies nicht der Fall, also auch Lichtstrahlen, die sich in der Richtung der ersten auf der krystallographischen Hauptaxe senkrecht stehenden Elasticitätsaxe bewegen, wegen der verschiedenen Neigung der zweiten Elasticitätsaxe gegen die Hauptaxe auch bei verschiedenen isomorphen Substanzen verschiedene Polarisations-Ebenen besitzen. Man findet nämlich bekanntlich die Richtung der Polarisations-Ebene und die Geschwindigkeit des in dieser Ebene polarisirten Lichtes, wenn man durch den Mittelpunkt des Ellipsoides E, dessen Gleichung ist

$$\mathfrak{b}^2 x^2 + \mathfrak{c}^2 y^2 + \mathfrak{a}^2 z^2 = 1$$

eine Ebene senkrecht auf die gegebene Richtung legt, den Durchschnitt derselben mit der Ellipsoide bestimmt und die Richtungen und Grössen der Axen der als Durchschnitt erhaltenen Ellipse aufsucht. Die Richtungen der Axen bestimmen mit der Richtung des Lichtstrahles die Polarisations-Ebene und die reciproken Werthe derselben die Geschwindigkeit.

Der Einfachheit der folgenden Rechnung wegen wollen wir annehmen, dass bei der einen der isomorphen Substanzen die zweite Elasticitätsaxe vertical zu stehen kömmt; es wird sodann die krystallographische Axe mit der verticalen den Winkel $\xi_,$ einschliessen. Die zweite der isomorphen Substanzen muss sodann so gestellt werden, dass die krystallographische Hauptaxe und die auf ihr senkrecht stehende Diagonale mit denen der ersten parallel ist. Es werden sodann die optischen Elasticitätsaxen, welche nicht mit der genannten Diagonale übereinstimmen, einen gewissen Winkel, den wir mit δ bezeichnen wollen, bilden; es wird somit, wenn $\xi_{,,}$ den Winkel der zweiten Elasticitätsaxe der zweiten Substanz mit der krystallographischen Hauptaxe bedeutet, sein

$$\delta = \xi_{,,} - \xi_, .$$

In der ersten Substanz werden sich also in verticaler Richtung zwei Lichtstrahlen bewegen, von denen der eine mit der Geschwindigkeit $\mathfrak{b}_, = \frac{\nu}{\beta_,}$ in der Ebene XZ polarisirt ist, der zweite aber mit jener $\mathfrak{c}_, = \frac{\nu}{\gamma_,}$ die Ebene YZ zur Polarisations-Ebene besitzt.

Um die Lage und Geschwindigkeit der Lichtstrahlen in der zweiten Substanz zu bestimmen, legen wir durch den Mittelpunkt des obengenannten Ellipsoides E eine auf die verticale Richtung senkrecht stehende Ebene, also die horizontale XY. Die Axen der als Durchschnitt erhaltenen Ellipse sind also $\frac{1}{\mathfrak{c}_{,,}}$ und $\mathfrak{a} = \sqrt{\frac{1 + \text{tang}^2 \delta}{\mathfrak{a}_{,,}^2 \text{tang}^2 \delta + \mathfrak{b}_{,,}^2}}$, es sind somit die Geschwindigkeiten der in XZ und YZ polarisirten Strahlen

$$\mathfrak{c}_{,,}$$

$$\text{und } d_{,} = \sqrt{\frac{\mathfrak{a}_{,,}^2 \text{tang}^2 \delta + \mathfrak{b}_{,,}^2}{1 + \text{tang}^2 \delta}}.$$

In einem Gemische zweier isomorphen Substanzen, in welchem m und n ihre Äquivalentantheile sind, werden sich in der Richtung OZ zwei Strahlen bewegen, deren Geschwindigkeiten sind

$$\nu'_{\alpha} = \frac{m\mathfrak{c}_{,} + n\mathfrak{c}_{,,}}{m + n},$$

$$\nu'_{\beta} = \frac{m\mathfrak{b}_{,} + n\sqrt{\frac{\mathfrak{a}_{,,}^2 \text{tang}^2 \delta + \mathfrak{b}_{,,}^2}{1 + \text{tang}^2 \delta}}}{m + n}.$$

Der eine dieser Strahlen ist in der Ebene YZ, der andere in XZ polarisirt.

Ebenso bewegen sich im ersten Krystalle in der Richtung der OX zwei Strahlen mit den Geschwindigkeiten $\mathfrak{a}_{,}$ und $\mathfrak{c}_{,}$, die die Ebenen XZ und XY zu Polarisations-Ebenen haben.

In derselben Richtung bewegen sich im zweiten isomorphen Krystalle ebenfalls zwei Strahlen, deren Geschwindigkeiten, ebenso wie die obigen berechnet, sind

$$\mathfrak{c}_{,,}$$

$$\text{und } d_{,,} = \sqrt{\frac{\mathfrak{b}_{,,}^2 \text{tang}^2 \delta + \mathfrak{a}_{,,}^2}{1 + \text{tang}^2 \delta}},$$

von welchen wieder der erste in XY, der zweite in XZ polarisirt ist.

Im Gemische werden sich also wieder zwei Lichtstrahlen bewegen, welche die Geschwindigkeit

$$\nu''_{\alpha} = \frac{m\mathfrak{c}_{,} + n\mathfrak{c}_{,,}}{m + n},$$

$$\nu''_{\beta} = \frac{m\mathfrak{a}_{,} + n\sqrt{\frac{\mathfrak{b}_{,,}^2 \text{tang}^2 \delta + \mathfrak{a}_{,,}^2}{\text{tang}^2 \delta + 1}}}{m + n},$$

der eine derselben ist wieder in der Ebene XY, der andere $\nu''\beta$ in jener XZ polarisirt.

Endlich bewegen sich im ersten Krystalle in einer Richtung, die der zweiten Elasticitätsaxe $\mathfrak{a}_{,,}$ des zweiten Krystalles parallel ist, die also gegen $\mathfrak{a}_{,}$ einen Winkel δ bildet, wieder zwei Lichtstrahlen. Die ihnen entsprechenden Geschwindigkeiten, wie oben gefunden, sind

$$\mathfrak{c}_{,}$$

$$\text{und } d_{,,,} = \sqrt{\frac{\mathfrak{a}_{,}^2 \operatorname{tang}^2 \delta + \mathfrak{b}_{,}^2}{1 + \operatorname{tang}^2 \delta}},$$

von denen der eine in $\mathfrak{a}_{,,} Y$, der zweite wieder in XZ polarisirt.

Im zweiten Krystalle bewegen sich endlich wieder zwei Strahlen mit den Geschwindigkeiten $\mathfrak{c}_{,,}$ und $\mathfrak{b}_{,,}$, die ebenfalls $\mathfrak{a}_{,,} Y$ und XZ zu Polarisations-Ebenen haben. Im Gemische endlich bewegen sich nach derselben Richtung zwei Strahlen mit den Geschwindigkeiten

$$\nu'''_\alpha = \frac{m\mathfrak{c}_{,} + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n},$$

$$\nu'''_\beta = \frac{m\sqrt{\frac{\mathfrak{a}_{,}^2 \operatorname{tang}^2 \delta + \mathfrak{b}_{,}^2}{\operatorname{tang}^2 \delta + 1}} + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n}$$

welche wieder die Ebenen $\mathfrak{a}_{,,} Y$ und XZ zu Polarisations-Ebenen haben.

Man sieht aus diesen Gleichungen, dass, da

$$\nu_\alpha' = \nu_\alpha'' = \nu_\alpha''' = \frac{m\mathfrak{c}_{,} + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n}$$

für jede in der Ebene XZ gewählte Richtung des Lichtstrahles die Geschwindigkeit constant bleibt, wenn er in einer zu OY parallelen Richtung schwingt. Alle diese Lichtstrahlen haben somit gleiche Geschwindigkeiten, bilden also einen Kreis, der in O seinen Mittelpunkt hat. Dieser Kreis mit dem Radius ν_α' ist also der Durchschnitt der Ebene XZ mit einem Theil der Wellenfläche unseres Gemisches und der Radius dieses Kreises ist die Grösse der auf ihm senkrecht stehenden Elasticitätsaxe, also

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_{,} + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n}$$

die mit der auf der Hauptaxe senkrecht stehenden Diagonale gleiche Richtung besitzende Elasticitätsaxe.

In der Richtung OZ ist das Licht mit der Polarisations-Ebene in dem Punkte I.

$$\text{I.} \begin{cases} y_{,} = \nu'_{\beta} \\ x_{,} = 0 \end{cases}$$

nach Verlauf einer Secunde angekommen. Ebenso ist das Licht in der Richtung OX und jener $O\alpha_{,,}$ nach Verlauf derselben Zeit in den Punkten II. und III.

$$\text{II.} \begin{cases} y_{,,} = 0 \\ x_{,,} = \nu''_{\beta} \end{cases} \qquad \text{III.} \begin{cases} y_{,,,} = \nu'''_{\beta} \sin\delta \\ x_{,,,} = \nu'''_{\beta} \cos\delta \end{cases}$$

angekommen. Es sind also I., II. und III. Punkte des Durchschnittes der Ebene XZ mit dem zweiten Theil der Wellenfläche, welche eine Ellipse von der Form

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 = 1$$

sein wird, wo Y die frühere Richtung Z, und X mit den früheren X übereinstimmend sein wird. Wir haben also zur Bestimmung von A, B und C die drei Gleichungen:

$$A\,\nu^{2''}_{\beta} = 1\,.$$
$$C\,\nu^{2'}_{\beta} = 1$$
$$A\,\nu^{2'''}_{\beta}\cos^2\delta + B\,\nu^{2'''}_{\beta}\sin\delta\cos\delta + C\,\nu^{2'''}_{\beta}\sin^2\delta = 1$$

wornach wir erhalten

$$A = \frac{1}{\nu^{2''}_{\beta}},$$
$$B = \frac{\nu^{2''}_{\beta}\,\nu^{2'}_{\beta} - \nu^{2'''}_{\beta}\,(\nu''_{\beta}\cos^2\delta + \nu'_{\beta}\sin^2\delta)}{\nu^{2'}_{\beta}\,\nu^{2''}_{\beta}\,\nu^{2'''}_{\beta}\sin\delta\cos\delta},$$
$$C = \frac{1}{\nu^{2'}_{\beta}}.$$

Mit Hilfe dieser Gleichungen finden wir bekanntlich die Axen $\mathfrak{A}'$ und $\mathfrak{B}'$ der Ellipse als

$$\frac{1}{\mathfrak{A}^{2'}} = \frac{A + C + \sqrt{(A-C)^2 + B^2}}{2},$$
$$\frac{1}{\mathfrak{B}^{2'}} = \frac{A + C - \sqrt{(A-C)^2 + B^2}}{2}.$$

Die Neigung, welche die $\mathfrak{A}'$ gegen die verticale bildet, gibt die Gleichung

$$\text{cotang}^2 \triangle = \frac{C-A}{B} \text{ oder } \text{tang}^2 \varDelta = \frac{B}{C-A},$$

wobei, wenn X die Neigung gegen die krystallographische Axe bedeutet,

$$X = \xi + \triangle.$$

Wir haben also schliesslich, da die Axen der Durchschnittsellipse mit den Elasticitätsaxen identisch sind, für die Bestimmung und Lage der neuen Elasticitätsfläche

$$\mathfrak{A} = \sqrt{\frac{2}{A+C+\sqrt{(A-C)^2+B^2}}}$$

$$\mathfrak{B} = \sqrt{\frac{2}{A+C-\sqrt{(A-C)^2+B^2}}}$$

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_, + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n}$$

$$X = \xi_, + \triangle,$$

wobei A, B, C und $\varDelta$ die oben angegebenen Werthe haben.

Ist in diesen Gleichungen $\delta = 0$, so erhalten wir

$$\nu'_\beta = \frac{m\mathfrak{b}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n}, \quad \nu''_\beta = \frac{m\mathfrak{a}_, + n\mathfrak{a}_,}{m+n}, \quad \nu'''_\beta = \frac{m\mathfrak{b}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n} = \nu'_\beta$$

folglich werden auch

$$A = \left(\frac{m+n}{m\mathfrak{a}_, + n\mathfrak{a}_,}\right)^2, \quad B = 0, \quad C = \left(\frac{m+n}{m\mathfrak{b}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}\right)^2,$$

woraus folgt

$$\mathfrak{A} = \frac{m\mathfrak{a}_, + n\mathfrak{a}_{,,}}{m+n}$$

$$\mathfrak{B} = \frac{m\mathfrak{b}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n}$$

$\text{tang}^2 \varDelta = 0$, also auch $\varDelta = 0$ oder $X = \xi_,$ und

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_, + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n}$$

Es sind dies die Gleichungen, die hemiorthotypen isomorphen Substanzen entsprechen, bei denen die Neigung der zweiten Elasticitätsaxe gegen die krystallographische Hauptaxe gleich sind. Für $\xi = 0$ gehen sie in jene des orthotypen Krystallsystems über. Für $\delta = 90°$ finden wir

$$\nu'_\beta = \frac{m\mathfrak{b}_, + n\mathfrak{a}_{,,}}{m+n}, \quad \nu''_\beta = \frac{m\mathfrak{a}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n}, \quad \nu'''_\beta = \frac{m\mathfrak{a}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n} = \nu''_\beta$$

also auch

$$\mathfrak{A} = \frac{m\mathfrak{a}_, + n\mathfrak{b}_{,,}}{m+n}$$

$$\mathfrak{B} = \frac{m\mathfrak{b}_, + n\mathfrak{a}_{,,}}{m+n}$$

$$\mathfrak{C} = \frac{m\mathfrak{c}_, + n\mathfrak{c}_{,,}}{m+n}$$

$$X = \xi_,$$

die für isomorphe hemiorthotype Substanzen gelten, bei denen die Elasticitätsaxen um 90° verschieden sind. Für $\xi = 0$ gehen sie in die Gleichung der für den unter Nr. 4 für orthotype Substanzen gegebenen Orientirung über.

Die Übergänge, wo nebst den Winkeln $\xi_,$ und $\xi_{,,}$ auch die Elasticitätsaxen verwechselt sind, finden ganz ebenso wie die unter Nr. 1—6 bei den orthotypen Substanzen entwickelten Fälle Statt, nur geht nebstdem noch der $\xi_,$ allmählich in den $\xi_{,,}$ über.

Ebenso gut wie im orthotypen Krystallsysteme kann auch hier die doppelte Brechung mit zwei optischen Axen in eine solche mit einer optischen Axe und selbst in eine einfache Brechung übergehen. Es wird keinen Schwierigkeiten unterliegen, die hieher gehörigen Bedingungsgleichungen aufzustellen, wesshalb wir sie hier auch wegen Raumersparung übergehen wollen.

Demzufolge haben wir nun den mathematischen Beweis geliefert, dass für isomorphe Substanzen Übergänge in der optischen Orientirung und den optischen Elasticitätsflächen stattfinden, mögen diese auch noch so verschieden sein. Der experimentale Beweis für eine solche Reihe ist durch die genannte Arbeit Sénarmont's zur Genüge geliefert worden und es scheint hier nicht nothwendig, auf denselben weiter einzugehen.

Für die Naturgeschichte aber ergibt sich hiernach die interessante Erfahrung, dass die verschiedene optische Orientirung und der verschiedene optische Charakter kein Grund zur Trennung in verschiedenen Species ist, sondern dass isomorphe Substanzen, d. h. solche, welche bei gleicher oder doch ähnlicher Krystallform, die Fähigkeit in allen beliebigen Verhältnissen zusammen zu krystallisiren besitzen, ohne dass diese eine wesentliche Veränderung erleidet, trotz ihrer verschiedenen optischen Orientirung und des verschiedenen optischen Charakters in einer und derselben Species geeinigt werden müssen. Zur Unterscheidung der einzelnen Varietäten einer Species sind allerdings diese Eigenschaften von Wichtigkeit und Anwendung.

Die Unterscheidung hexaëdrischer, pyramidaler und rhomboëdrischer, und endlich orthotyper, hemiorthotyper und anorthotyper durch Anwendung des polarisirten Lichtes, ist wegen des Eintretens aller dieser Erscheinungen in einem Gemische orthotyper Substanzen nicht mehr gerechtfertigt. Man kann daraus ersehen, dass die einfache und doppelte Brechung im Allgemeinen nicht so streng an die Krystallform gebunden ist, und es wird niemand wundern, wenn er einaxige Glimmer neben mehraxigen sieht, ebenso wenig es zu wundern ist, wenn es zweiaxige Turmaline, Granaten u. s. w. gibt.

Einen wichtigen Einfluss auf die Unterscheidung naturhistorischer Species üben die Erscheinungen der circulären Polarisation aus. Bis jetzt hat dieselbe in der Naturgeschichte noch gar keine Anwendung gefunden, und es soll die Aufgabe der folgenden Zeilen sein, die Wichtigkeit derselben für die Trennung von Species zu zeigen.

Wenn man eine Auflösung von Traubensäure zur Hälfte mit Natron und zur andern Hälfte mit Ammoniak sättigt, diese Salze sodann mischt, so krystallisirt aus der Auflösung bekanntlich ein Doppelsalz von der Formel

$$NaO \,.\, H_4NO \,.\, 2C_4H_2O_5 + 8HO.$$

Untersucht man die Krystalle, so findet man, dass sämmtliche einer und derselben Grundgestalt angehören, dass an ihnen aber diese Grundgestalt nicht mit der vollen Flächenanzahl vorhanden ist,

sondern dass dieselbe in Hälften als Tetraëder auftritt. Bei den einen derselben tritt das positive, bei den anderen die negative Hälfte auf (Pasteur). Sammelt man die mit positiven und die mit negativen Hälften, löst sie getrennt auf, so krystallisiren aus der Auflösung nur wieder Gestalten derselben Art. Die Auflösung der einen dreht die Polarisations-Ebene nach rechts, die der andern nach links. Löst man gleiche Gewichtstheile derselben in gleichen Mengen Wassers, so ist auch die Drehung der Polarisations-Ebene nach beiden Seiten gleich gross. Aus der ursprünglichen Lösung krystallisiren gleich viel positive und negative Combinationen. Es ist nicht möglich, durch Zusammenkrystallisiren der beiden Substanzen einen Krystall zu erzeugen, der in der Auflösung die Polarisations-Ebene nicht dreht. Nimmt man einen positiven und einen negativen Krystall, die im Gewichte gleich gross sind, so dreht die Auflösung natürlicher Weise nicht, weil die Rechtsdrehung des einen durch die Linksdrehung des andern aufgehoben wird. Ist aber einer dieser Krystalle grösser, so wird die der Mehrheit entsprechende Rechts- oder Linksdrehung stattfinden.

Stellt man aus den beiden getrennten Salzen die ihnen entsprechenden Säuren dar, so krystallisiren beide Säuren von der Formel $HO . C_4 H_2 O_5$ aus der Auflösung, und zwar mit denselben Grundgestalten, aber mit verschiedener tetraëdrischer Hemiëdrie. Die Grundgestalt ist ein Hemiorthotyp, und bei den einen ist die Hemiëdrie blos auf der rechten, auf den andern blos auf der linken Seite. Die Auflösung der aus dem linksdrehenden Natron-Ammoniak erhaltenen Säure dreht die Polarisations-Ebene nach links, jene aus dem rechtsdrehenden Natron-Ammoniak erhaltenen um dieselbe Grösse nach rechts. Versucht man beide Säuren zusammen zu krystallisiren, so krystallisirt aus der Auflösung wohl nicht optisch wirkende Traubensäure, aber diese ist von den beiden genannten Säuren so verschieden, dass sie im anorthotypen System krystallisirt. Concentrirte Auflösungen von rechts und links drehender Säure gemischt, geben einen weissen krystallinischen Niederschlag von Traubensäure, da die Traubensäure weniger löslich ist, als die genannten. Die rechtsdrehende Säure hat sich als mit der gewöhnlichen Weinsäure vollkommen identisch gezeigt und den Namen rechte Weinsäure erhalten, während die linksdrehende, in den übrigen Eigenschaften ganz ähnlich den Namen linke Weinsäure bekam. Es gibt aber

auch eine inactive Weinsäure, die in Zusammensetzung und Krystallform etc. der linken und rechten Weinsäure ganz ähnlich ist, aber keine Hemiëdrie und keine Drehung der Polarisations-Ebene zeigt. Pasteur erhielt sie durch Erhitzen von rechts-weinsaurem Cinchonin auf 170°. Auf einer Auflösung von activer und inactiver Weinsäure krystallisiren beide gesondert heraus.

Aus linker Weinsäure dargestellte Salze zeigen alle linke Hemiëdrie und linkes Drehungsvermögen der Polarisations-Ebene, während die aus gewöhnlicher rechter Weinsäure dargestellten Salze rechte Hemiëdrie und rechtes Drehungsvermögen der Polarisations-Ebene besitzen, und zwar drehen gleich viel Mengen rechten und linken Salzes die Polarisations-Ebene um gleich viel nach rechts oder links. Die meisten dieser Salze geben beim Zusammenkrystallisiren das entsprechende traubensaure Salz, oder wo dies nicht der Fall ist, krystallisiren beide getrennt aus der Auflösung, nie aber ist man im Stande, auf diese Weise das inactiv-weinsaure Salz darzustellen. Diese Salze, welche mit den activen Salzen die Grundgestalt gemein haben, zeigen weder hemiëdrische Formen, noch drehen sie die Polarisations-Ebene.

Nach den Untersuchungen Sénarmont's zeigen Substanzen, welche alle Eigenschaften gleich haben, die aber entgegengesetztes Drehungsvermögen besitzen, vollkommen gleiche optische Orientirung, vollkommen gleiche Brechungsquotienten, wären also auch in dieser Beziehung nicht von einander zu unterscheiden. Er hat dieses Gesetz namentlich bei den genannten weinsauren Salzen bewiesen, ein Gesetz, das als vollkommen allgemein zu betrachten ist.

Im hemiorthotypen Krystallsysteme tritt hierbei eine bei nichtdrehenden Substanzen noch nicht beobachtete Hemiëdrie auf, indem die Hälfte, welche auftritt, dem orthotypen Tetraëder entsprechend, von vier Flächen begrenzt, von denen je zwei einander gleich sind. Die Hemiëdrie ist also keine parallelflächige, sondern eine geneigtflächige. Wenn man mit Mohs die parallelflächige Hemiëder mit $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ bezeichnet, so entspricht hierfür das Zeichen $\frac{r}{l}.\frac{P}{2}$ und $\frac{l}{r}\frac{P}{2}$. Es erscheinen hierbei oft nur die zwei gleichen Flächen der einen Art, indem die zwei der andern Art entweder gar nicht vorhanden oder verschwindend klein sind, so wie auch von der Grundgestalt selbst nur die halbe Anzahl der Flächen vorhanden sind.

Ganz ähnliche Verhältnisse wie die Weinsäure zeigt die Äpfelsäure, aber sind von ihr bis jetzt nur zwei Modificationen, die rechtsdrehende und die inactive, bekannt. Die Krystallform des sauren äpfelsauren Kalks und des sauren äpfelsauren Ammoniaks sind nach Pasteur in der optisch wirksamen und optisch unwirksamen Reihe übereinstimmend, nur dass in den Salzen der letzteren Reihe die unsymmetrische Vertheilung gewisser kleiner Flächen mangelt, welche in der ersten Reihe den Formen den Charakter einer nicht congruenten Hemiëdrie verleiht. Die Eigenschaften der optischwirksamen und optisch-unwirksamen Äpfelsäure sind nicht so vollkommen übereinstimmend, wie dies bei der Weinsäure der Fall ist, da die erstere leichter löslich, bei 100° schmilzt und 140° zersetzt, während die letztere schwerer löslich, leichter krystallisirt, nicht zerfliesslich ist, bei 133° schmilzt und bei 140° sich zersetzt.

Die Asparaginsäure zeigt ähnliche Verhältnisse wie die Äpfelsäure, und die erstere unwirksame hat zur Entdeckung der letztern unwirksamen geführt. Die beiden Asparaginsäuren zeigen ebenfalls sich in gewissen Beziehungen verschieden. Die optisch-wirksame Asparaginsäure löst sich in 364 Theilen Wasser von 11°, ihr specifisches Gewicht ist 1·6613, sie krystallisirt in undeutlichen Formen des orthotypen Krystallsystems. Die unwirksame Säure löst sich in 208 Theilen Wasser bei 13°5, ist also schwieriger löslich, ihr specifisches Gewicht ist 1·6632; sie bildet kleine hemiorthotype Krystalle. Die Verschiedenheit der Krystallgestalt wird vielleicht durch die folgenden Untersuchen gehoben sein, indem es wahrscheinlich ist, dass beide eine gleiche Krystallform besitzen; man wäre sonst gezwungen, hier einen Dimorphismus anzunehmen oder die optisch-unwirksame Asparaginsäure zur wirksamen in das Verhältniss der Traubensäure zur Weinsäure zu stellen. Letzteres wird noch dadurch wahrscheinlich gemacht, dass das optisch-wirksame asparaginsaure Natron orthotyp krystallisirt, während das optischunwirksame Natronsalz dem hemiorthotypen Krystallsystem angehört.

Die optischen Drehungsverhältnisse aller dieser Körper sind bis jetzt blos an den Auflösungen studirt worden, indem es bei den im orthotypen, hemiorthotypen und anorthotypen Krystallsysteme erscheinenden Substanzen unmöglich ist, dieselben an Krystallen zu untersuchen. Die circuläre Polarisation wird in ihren Erscheinungen durch die doppelte Brechung aufgehoben. Es machen diese Unter-

suchungen schon an den Krystallen des rhomboëdrischen und pyramidalen Systems Schwierigkeiten, und nur an tessularen sind sie leicht auszuführen, insofern als die Lamellarpolarisation auf dieselben keinen Einfluss nimmt. Diese Untersuchungen machen also im Allgemeinen Schwierigkeiten, da man oft nicht im Stande ist, an Auflösungen dieselben zu untersuchen, theils weil eine Auflösung nicht herzustellen ist, theils aber auch, weil oft das Lösungsmittel einen nicht geringen Einfluss auf dieselben nimmt. Zum Glücke sind uns da andere Eigenschaften gegeben, mit denen wir in gewissen Fällen auf indirecte Weise über diese Verhältnisse einen Aufschluss bekommen.

Ein interessantes Beispiel über das Nichtzusammenkrystallisiren gibt das chlorsaure Natron $NaO.ClO_5$. Chlorsaures Natron krystallisirt aus einer Auflösung in Combinationen des Hexaëders, des Pentagondodekaëders und des Tetraëders. Untersucht man die Krystalle im polarisirten Lichte, so findet man dass die einen, bei denen die Tetraëder fehlen (oder, wenn sie vorhanden wären, auf der linken Seite des Pentagondodekaëders sein müssten), die Polarisations-Ebene nach links drehen, während jene, bei denen die Tetraëderfläche auf der rechten Seite des Pentagondodekaëders sich befinden, dieselbe nach rechts drehen (Marbach) [1]. Wenn man die rechtsdrehenden und die linksdrehenden von einander trennt, sie für sich auflöst und im Polarisations-Apparate untersucht, findet man, dass die Lösung die Polarisations-Ebene nicht dreht, und aus der Auflösung krystallisiren nicht nur solche, welche aufgelöst wurden, sondern auch solche der andern Art. Eine wässerige Lösung eines activen chlorsauren Natrons kann also nicht bestehen, das Wasser verwandelt das active Salz in das inactive. Dass hier ein Zusammenkrystallisiren nicht stattfinden kann, beweist die Thatsache, dass alle Krystalle (mit einigen Ausnahmen) bei gleicher Dicke die Polarisations-Ebene um gleichviel drehen, und zwar ist die Drehung für gelbes Licht 8° 25′ für eine Pariser Linie Dicke. Nur bei einigen findet die Drehung von 7° als Ausnahme Statt; aber keineswegs kann diese Ausnahme zu dem Ausspruche des Zusammenkrystallisirens, denn es ist kein Grund vorhanden, warum sie für diesen Fall nicht alle Drehungswinkel von — 8° 25′ bis + 8° 25′ zeigen sollten.

[1] Marbach, Pogg. Ann.

Ganz dasselbe findet auch bei den mit dem chlorsauren Natron isomorphen bromsauren Natron $NaO.BrO_5$ Statt. Die Drehung von diesem Salze beträgt ebenfalls für gelbes Licht 6° 20′ nach rechts oder links. Wenn man einen rechten Krystall (oder auch einen linken) dieses Salzes in eine (also inactive) Auflösung des andern Salzes gibt, so setzt sich auf erstere eine neue Schichte des zweiten Salzes ab, die entweder die Polarisations-Ebene nach derselben Seite dreht wie der Kern, oder diese auf die entgegengesetzte Seite bewegt. Diese Thatsache berechtigt ebenfalls nicht zur Annahme, diese Salze entgegengesetzten Drehungsvermögens könnten in allen beliebigen Verhältnissen zusammenkrystallisiren. Es ist dies ein blosses Übereinanderkrystallisiren, wie es bei hexaëdrisch ganz verschiedenen Species stattfinden kann, und beide Salze werden für sich heraus krystallisiren (die rechten und linken getrennt), sobald sie in Auflösungen gemischt werden.

Wir haben in einer früheren Abhandlung die Species „als den Inbegriff aller solchen Substanzen bezeichnet, die bei gleicher oder im wesentlichen gleicher Krystallform die Fähigkeit besitzen, in allen beliebigen Verhältnissen ohne eine wesentliche Veränderung der letzteren zusammen zu krystallisiren“, und haben diese Fähigkeit des Zusammenkrystallisirens als das oberste Princip der Species hingestellt. Aus dem Vorhergehenden konnten wir entnehmen, dass Substanzen, welche entgegengesetztes Drehungsvermögen besitzen, die Fähigkeit, in allen beliebigen Verhältnissen zusammenkrystallisiren zu können, nicht besitzen; wir ziehen daraus den Schluss: Substanzen, welche, obwohl sie in allen übrigen Eigenschaften mehr oder weniger vollkommen übereinstimmen, verschiedenes, entgegengesetztes Drehungsvermögen besitzen, gehören verschiedenen naturhistorischen Species an.

So besitzen wir von der Weinsäure und von jedem ihrer Salze folgende drei sich in fast allen Eigenschaften vollkommen gleiche Species:

1. rechtsdrehende,
2. inactive und
3. linksdrehende.

Von der Asparaginsäure und der Äpfelsäure sind nur die beiden ersteren bis jetzt beobachtet, von mehreren anderen nur eine einzige der drei genannten.

Wenn wir diese Erfahrungen auf einige in der Natur vorkommende Mineralien anwenden, so finden wir zuerst am Quarz (rhomboëdrischer Quarz, Mohs) eines der interessantesten Beispiele. Am Quarz findet ebenfalls geneigtflächige Hemiëdrie Statt, und zwar sind es hier die Skalenoëder und die aus ihnen abgeleiteten zwölfseitigen ungleichkantigen Pyramiden, welche sich nach einer solchen Hemiëdrie zerlegen. „Zwei Individuen, welche hinsichtlich der Lage solcher, übrigens gleicher Gestalten verschieden sind, können in keine solche Stellung gebracht werden, dass alle ihre Flächen einander parallel sind.“ (Mohs.) Zwei solche in krystallographischer Beziehung verschiedene Varietäten zeigen sich auch in optischer Beziehung als nicht übereinstimmend, indem die eine die Polarisations-Ebene nach rechts, die zweite nach links dreht. Ähnlich wie beim chlorsauren Natron und bromsauren Natron setzen sich auch hier zwei verschiedene Individuen zusammen, und Sir David Brewster hat gefunden, dass mehrere Individuen aus Brasilien von violblauen sowohl als weissen und anderen Farben, aus zuweilen sehr dünnen, den äussern Flächen P und $P+\infty$ parallelen Schichten von nach rechts und links verschiedenen Individuen bestehen. Wir sind also auch gezwungen das bisher als rhomboëdrische Quarz aufgestellte Mineral in zwei neue Species zu trennen, denen wir einstweilen die Namen

1. rechts-rhomboëdrischer Quarz und
2. links-rhomboëdrischer Quarz

geben wollen. In der Charakteristik unterscheidet sie sowohl ihr krystallographisches, am schärfsten aber ihr optisches entgegengesetztes Drehungsvermögen.

Etwas dem Quarz ganz Ähnliches findet nach Salm-Horstmar[1]) am Beryll Statt. Es fehlt hier ebenfalls das Kreuz bei den im polarisirten Licht beobachteten Varietäten, was auf eine circulare Polarisation deutet. Wir haben also wahrscheinlich auch zwei verschiedene Species von Beryll. Möglicherweise gibt es sowohl von diesem als vom Quarze noch eine dritte optisch inactive Species.

Nach Descloizeaux (in seiner Abhandlung: *de l'emploi des propriétés biréfringentes en minéralogie*[2]) ist auch der Zinnober

---

[1]) Salm-Horstmar, Pogg. Ann. 84. 513.

[2]) Descloizeaux, Annales des mines, t. XI, sér. 3, p. 291.

verschieden bezüglich der Drehung der Polarisations-Ebene und demzufolge in mehrere Species zu theilen.

Wenn auch zwei Substanzen von verschiedenen, entgegengesetzten Drehungsvermögen nicht im Stande sind zusammen zu krystallisiren, so findet dies doch bei isomorphen Substanzen Statt, die ein gleichgerichtetes Drehungsvermögen besitzen. So kann das rechtsdrehende weinsaure Natron-Ammoniak mit dem ihm isomorphen rechtsdrehenden weinsauren Natron-Kali in allen beliebigen Verhältnissen zusammenkrystallisiren.

Sind α_1 und α_2 die Drehungswinkel zweier isomorpher Substanzen, und sind vom ersteren m und vom letzteren n Äquivalente im Gemische beider enthalten, so ist der Drehungswinkel des letzteren offenbar

$$A = \frac{m\alpha_1 + n\alpha_2}{m + n}.$$

Wir haben gesehen, dass mit dem verschiedenen optischen Drehungsvermögen eine tetraëdrische oder überhaupt geneigtflächige Hemiëdrie in steter Verbindung steht. Manchmal ist dieselbe constant und unverkennbar ausgeprägt, wie dies an den beiden Species weinsauren Natron-Ammoniaks der Fall ist; manchmal ist dies nicht so scharf zu bestimmen wie an den Weinsäuren, wo neben der einen Hälfte auch die andere, wenn auch nur in kleineren Flächen, zum Vorschein kommt. Man hat desshalb anfangs geglaubt, alle Substanzen, welche eine geneigtflächige Hemiëdrie besitzen, müssten auch optisches Drehungsvermögen haben; man hat sich aber überzeugt, dass dies nicht immer der Fall sei. Indem z. B. der ameisensaure Strontian, $SrO.C_2HO_3 + 2HO$, eine solche zeigt, aber durchaus kein Drehungsvermögen, wenigstens in der Auflösung, besitzt. Lässt man nämlich ameisensauren Strontian krystallisiren, so bekommt man orthotype Krystalle mit geneigtflächiger Hemiëdrie. Bei den einen derselben erscheint das Tetraëder von P in positiver, und das Tetraëder von $P-1$ in negativer Stellung, während bei den anderen das Tetraëder von P in negativer und jenes von $P-1$ in positiver Stellung sich zeigt. Aber immer erscheinen diese beiden Tetraëder in diesem Gegensatze, nie das eine positive mit den anderen positiven und umgekehrt. Trennt man die einen von den anderen und lässt jede Art für sich krystallisiren, so zeigen sich die

neuen Krystalle von derselben Art wie die aufgelösten. Und dies, glaube ich, ist der Grund, warum man annehmen muss, dass die Krystalle selbst kein Drehungsvermögen besitzen, denn hätten sie ein solches und die Auflösung wäre inactiv, wäre also das active Salz durch Lösung in das inactive umgewandelt worden, so müssten, wie dies beim chlorsauren Natron der Fall ist, aus der inactiven Lösung beide activen herauskrystallisiren. Für die Systematik der Naturgeschichte ergibt sich aber die Erfahrung, dass die beiden hemiëdrisch verschieden ausgebildeten Krystalle nicht in allen beliebigen Verhältnissen zusammenkrystallisiren können, also als zwei verschiedene Species anzusehen sind; wir haben also

1. einen rechten ameisensauren Strontian und
2. einen linken ameisensauren Strontian,

die sich in der Charakteristik durch ihren verschiedenen hemiëdrisch-krystallographischen Habitus unterscheiden werden.

Wir haben also hier ein Beispiel von zwei Species, die wir, was unsere heutige Erfahrung anbelangt, strenge nur durch ihre Fähigkeit des Nichtzusammenkrystallisirens trennen konnten, die wir durch das constante Auftreten der Hemiëder constatirt haben. Treten einmal diese nicht so constant auf, sondern erscheinen sie beide an einem und demselben Individuum, so ist die Naturgeschichte, nach der Kenntniss die wir von solchen Körpern besitzen, jetzt noch nicht im Stande sie als verschiedene Species zu cónstatiren.

Wir können also sagen: dass ein entschiedenes entgegengesetztes Auftreten von geneigtflächiger Hemiëdrie im Allgemeinen zu einer Trennung in verschiedene Species berechtigt, können aber nicht umhin, in solchen Fällen die grösste Vorsicht zu empfehlen.

Zum Schlusse dieser Abhandlung will ich noch eine Eigenschaft in Betrachtung ziehen, die keineswegs zu den optischen gerechnet werden kann, nämlich die Pyroelektricität. Es hat sich nämlich gezeigt, dass Krystalle durch Temperaturveränderung, sei es nun Temperatur-Erhöhung oder sei es eine Verminderung derselben, an verschiedenen Enden verschiedene Elektricität zeigen, ferner dass solche Krystalle unsymmetrische oder nach rechts und links verschiedene Hemiëdrien (Hemimorphie und Enantiomorphie oder auch beides zugleich) zeigen: „es scheint demnach, dass in ihnen nach krystallographisch bestimmter Richtung eine symmetrische Ausdeh-

nung durch die Wärme unmöglich und durch die ungleichen Hemmungen Elektricität geschieden wird.“ Schon auf den ersten Blick kann nach dem Gesagten und Vergleich mit dem oben Bemerkten dieser Eigenschaft einiger Werth beigelegt werden. Die nach rechts und links verschiedene Hemiëdrie ist der krystallographische Ausdruck verschiedener optischen Drehungsvermögen und wie wir bemerkt, verschiedener naturhistorischer Species, sie ist aber auch in gewissen Fällen der krystallographische Ausdruck der Pyroelektricität, somit ist nicht ohne Grund daran zu denken: es könnte die Pyroelektricität ein wichtiges Unterscheidungsmittel ganz ähnlicher naturhistorischer Species werden.

Ziehen wir die bis heute gemachten Erfahrungen zu Rathe, so finden wir uns in dieser Ansicht bestärkt. Die rechte Weinsäure zeigt sich äusserst pyroelektrisch, indem schon die blosse Handwärme im Stande ist, die Erscheinungen derselben bei einem halbwegs guten Elektrometer zu zeigen. Beim Erkalten ladet sich bei einer bestimmten Stellung der Krystallaxen die rechte Seite mit positiver, die linke Seite mit negativer Elektricität, was beim Erwärmen sich verkehrt zeigt, indem sich die rechte Seite mit negativer, die linke mit positiver Elektricität ladet. Die linke Weinsäure zeigt alle die Verhältnisse umgekehrt. Bei derselben Stellung der Krystallaxen ladet sich beim Erkalten die linke Seite mit positiver, die rechte mit negativer Elektricität, während beim Erwärmen die linke Seite negative und die rechte Seite positive Elektricität zeigt. Die inactive Weinsäure wird eben so wenig wie die Traubensäure pyroelektrisch werden können, so wenig sich an ihnen optisches Drehungsvermögen zeigt.

Die weinsauren Salze zeigen sich eben so, wenn sie Hemiëdrien zeigen, wenn ihre Säure also eine optisch-active ist, pyroelektrische Erscheinungen. Es ist bis jetzt nicht bekannt, wie die pyroelektrischen Erscheinungen mit der Hemiëdrie übereinstimmen, ich glaube aber es sei nicht viel gewagt, wenn man annimmt dass alle weinsauren Salze in ihrem pyroelektrischen Verhalten mit der sie bildenden Weinsäure so übereinstimmen, wie sie in ihrem optischen Verhalten, dass also alle rechten weinsauren Salze beim Erkalten an den hemiëdrischen Flächen positive Elektricität, also die Elektricität an der rechten Seite, während alle linken weinsauren Salze die

positive Elektricität (beim Erkalten) an der linken Seite zeigen Die geringen Daten, welche man über Pyroelektricität von Pasteur, Hankel u. A. hat, lassen dies wenigstens vermuthen.

Der Quarz zeigt sich ebenfalls pyroelektrisch und zwar sind nach Hankel die Prismenflächen abwechselnd positiv und negativ. Nach Riess und G. Rose lassen sich die Lage und Charaktere der Pole nicht genau ermitteln. Es werden sich auch höchst wahrscheinlich die grössten Intensitäten der Elektricitäten nicht an den Prismenflächen zeigen, da sie nicht von diesen, sondern von den nach rechts und links verschiedenen Hälften von $(P+n)^m$ abhängig sind.

Die pyroelektrischen Eigenschaften derjenigen Körper, die keine nach rechts und links verschiedene Hemiëdrie, sondern nur Hemimorphie zeigen, haben für die Trennung der Species keinen Werth, indem dieselben sich dann stets in eine krystallographisch-parallele Stellung bringen lassen. So müssen alle Turmalien in einer Species geeinigt bleiben, da sich beim Erwärmen die positive Elektricität stets an der Fläche $P-\infty$ zeigt, und somit alle Turmalien in eine parallele Stellung, sowohl krystallographisch als elektrisch, gebracht werden können.

Dasselbe gilt vom Borazite und dem ihm isomorphen Rhodizite, dem Topase, dem Galmei, dem Prehnite, dem Skolezite u. m. A. Namentlich ist dies bei den im hexaëdrischen System krystallisirenden Mineralien der Fall, indem hier entgegengesetzte krystallographische Hemiëdrie nur äusserst schwierig genügend festgestellt werden kann.

Aus dem vorhergehend Gesagten wollen wir schliesslich noch die erhaltenen wichtigsten Resultate zusammenstellen.

Die verschiedene optische Orientirung der Elasticitätsfläche gibt keinen Grund zur Trennung verschiedener isomorpher Substanzen, indem sowohl theoretisch als praktisch die Reihe, welche die verschiedenen optisch-orientirten Elasticitätsflächen verbindet, leicht hergestellt werden kann; es ist somit der schon früher ausgesprochene Satz: „Alle Substanzen, welche bei gleicher oder doch im Wesentlichen gleicher Krystallform die Fähigkeit besitzen, in allen beliebigen Verhältnissen ohne eine wesentliche Veränderung der letzteren zusammenkrystallisiren zu können, sind Varietäten einer und derselben naturhistorischen Mineral-Species“, zur vollen Giltigkeit gelangt.

Die entschieden entgegengesetzte nach rechts und links verschiedene Hemiëdrie gibt im Allgemeinen einen Grund zur Trennung in mehrere Species: es ist dies nachgewiesen worden:

durch den Mangel der Fähigkeit in allen beliebigen Verhältnissen ohne Veränderung der Krystallform sich mischen zu können, zu welchen in den meisten Fällen noch

ein verschiedenes optisches Drehungsvermögen, wie an den Weinsäuren, deren Salzen, der Äpfelsäure, der Asparaginsäure, dem Quarze u. s. w.

und ein verschieden pyroelektrisches Verhalten zum Beispiele an den Weinsäuren, an deren Salzen, am Quarze u. s. w.

zu rechnen kömmt.

Wir haben ausserdem bemerkt, dass bei der Trennung der Species, so bald es sich um nach rechts und links verschiedene Hemiëdrien handelt, nur mit der äussersten Vorsicht vorgegangen werden soll, so bald sich kein verschiedenes optisches Drehungsvermögen und kein verschiedenes pyroelektrisches Verhalten zeigt, dass aber beim Vorhandensein dieser letzteren die Trennung der Species mit grösster Leichtigkeit begründet werden kann.

Über die Durchleuchtung[1] *der Pflanzentheile.*

Von Dr. Julius Sachs.

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. December 1860.)

(Mit I Tafel.)

Die Untersuchungen, über welche ich hier einstweilen einen vorläufigen und möglichst gedrängten Bericht zu geben mir erlaube, verfolgen den Zweck, festzustellen, wie tief das Licht, sowohl das directe Sonnenlicht als das von Wolken und von der Atmosphäre reflectirte, in die Theile der lebenden Pflanzen eindringt und ferner, welche Veränderungen dabei das eindringende Licht in Bezug auf seine verschieden brechbaren und verschieden wirksamen Elemente erfährt; es soll gezeigt werden, wie tief das Licht überhaupt noch mit sichtbarer, dem Auge wahrnehmbarer Stärke in die Zellengewebe vordringt, wie tief die chemischen, violeten, blauen, grünen, gelben, orangen und rothen Strahlen in das Innere der Pflanzen gelangen, um aus der Kenntniss dieses Verhaltens Anhaltspunkte zu gewinnen, nach denen eine eingehende Beurtheilung der chemischen und mechanischen Processe, welche das Licht in den Pflanzen anregt, ermöglicht werden dürfte. Kein äusseres Agens wirkt so mächtig und so allseitig auf das vegetabilische Leben wie das Licht, und es liegt daher die Frage nahe, ob die Strahlen desselben nur die oberflächlichen Gewebe treffen oder ob sie auch tiefer in das Innere eindringen.

Den älteren Beobachtungen von Gay-Lussac und Thénard[2]) über die Wirkung des Lichtes auf die Farbstoffe verschiedener Pflanzen und Hölzer und den späteren so schönen und so wenig beachteten Unter-

---

[1]) Ich wähle das Wort „Durchleuchtung" statt „Durchscheinigkeit" des Wohllauts wegen und glaube, dass das erstere den Begriff, für den hier bestimmtere Vorstellungen gewonnen werden sollen, hinlänglich klar bezeichnet.

[2]) Gmelin, Chemie I, p. 166.

suchungen von William Herschel[1]) über die Wirkungen verschieden gefärbter Strahlen auf Blüthenfarbstoffe, haben die neuesten Beobachtungen von Nièpce und Lucian Corvisart[2]) die merkwürdige Thatsache hinzugefügt, dass zwei der verbreitetsten Pflanzenstoffe, das Amylum und die Oxalsäure, sehr auffallende Veränderungen durch das Licht erleiden; jenes geht in einer bestrahlten Lösung in kurzer Zeit in Dextrin und Zucker über, diese wird unter dem Einfluss eines oxydirenden Mittels und der Wärme fast momentan zersetzt. Diese photochemischen Wirkungen auf Pflanzenstoffe können nur dann zur Erklärung physiologischer Processe dienen, wenn es ausgemacht ist, dass das Licht bis in diejenigen Gewebe vordringte, wo möglicherweise analoge Veränderungen stattfinden.

Viel bestimmter tritt aber die Nothwendigkeit einer genaueren Kenntniss der Durchleuchtung der Pflanzen in Bezug auf den grünen Farbstoff hervor. Wir haben hier einerseits die Thatsache, dass in den allermeisten Fällen[3]) der grüne Farbstoff nur unter dem Einfluss des Lichtes entstehen und bestehen kann[4]). Dieser allgemeinen Regel gegenüber hat man seit dem älteren De Candolle das Auftreten des Chlorophylls in den Embryonen innerhalb der Carpelle und im Holz der Zweige als Ausnahmen betrachtet, indem man annahm, dass an jene Orte kein Licht gelange, so wie zu den grün werdenden Blättern. Dr. Böhm hat auch die Entstehung des grünen Farbstoffes im Innern der Kartoffeln, wenn diese am Licht liegen, in die Reihe dieser Erscheinungen gestellt, indem er die Kartoffelschale als beinahe undurchsichtig bezeichnete und eine hinreichende Lichtwirkung in den betreffenden Zellen für unmöglich hält. Bevor man jedoch die angeführten Thatsachen in diesem Sinne deuten darf, müssen noch zwei Fragen entschieden werden, nämlich, ob an jene Orte wirklich kein Licht

---

[1]) Frorieps' Notizen 1842, Bd. XXIII, Nr. 19.

[2]) Annalen der Chemie von Wöhler u. s. w. 1860, p. 112.

[3]) Die einzigen mir bekannten Ausnahmen hiervon bilden die Keime der Coniferen, deren Cotyledonen ohne Lichtzutritt grün werden, aber bei erfolgter Entfaltung und dauerndem Lichtabschluss doch verderben; Lotos, Januarheft 1859.

[4]) Nach der neuesten Angabe von Frémy (*Annales des sciences* 1860, T. XIII, p. 45) besteht das Ergrünen der Pflanzen am Lichte darin, dass sich aus dem gelben Farbstoffe, welcher ohne Licht entsteht (in étiolirten Theilen), ein blauer bildet, der mit jenem zusammen Grün gibt; ich habe schon in meiner 1859 erschienenen Abhandlung: Über das abwechselnde Erbleichen und Dunklerwerden der Blätter bei wechselnder Beleuchtung, p. 236, auf die Existenz zweier Bestandtheile des grünen Farbstoffes aus seinem Verhalten gegen das Licht mit Bestimmtheit hingewiesen.

gelangt und ferner ob seine Intensität und Zusammensetzung, wenn es doch bis dahin vordringt, genügt, um das Ergrünen jener Gewebemassen zu erklären, d. h. auf die allgemeine Regel zurückzuführen. Auch hierüber werden die Untersuchungen über die Durchleuchtung den nöthigen Aufschluss geben.

Der Grund, welcher mich zunächst auf eine Untersuchung der Durchleuchtung führte, lag in der Bemerkung, dass die im Waldesschatten wachsenden Pflanzen eine bestimmt charakterisirte Flora bilden. Wenn auch der humose Boden, die feuchte Luft, die stationäre Temperatur unter dem Laubdach eines geschlossenen Hochwaldes eine eigenthümliche Modification der Flora bedingen können, so schien es mir doch auch möglich, dass das eigenthümliche Licht im Waldesdunkel eine mitwirkende Ursache sei. Das Licht am Boden eines Hochwaldes ist offenbar nicht blos ein vermindertes, sondern auch ein qualitativ verändertes; nur wenige Strahlen der Sonne und der erleuchteten Atmosphäre dringen ungebrochen bis dahin vor; der allergrösste Theil derselben gelangt erst nach vielen Reflexionen und Brechungen auf den Boden, um dort die Waldpflanzen zu beleuchten. Das durch die Blätter der Baumkronen hindurch gegangene Licht, sowie das reflectirte muss durch Absorption gewisser Strahlen in seiner Zusammensetzung gestört sein; es muss sich dem durch gewisse farbige Gläser gebrochenen ähnlich verhalten. Da es nun durch Versuche [1]) feststeht, dass die verschiedene qualitative Zusammensetzung des Lichtes, wie sie z. B. durch gefärbte Gläser und Lösungen erzeugt werden kann, auf die Entwicklung der Pflanzen und auf bestimmte Vegetationserscheinungen einen wesentlichen Einfluss übt, so ist die Vermuthung erlaubt, dass die eigenthümliche Zusammensetzung des Lichtes im Dunkel der Wälder eine von den bestimmenden Ursachen sei, welche das Gedeihen und Nichtgedeihen bestimmter Pflanzen unter einem dichten Laubdach bewirken; neben dem humosen Boden, der Feuchtigkeit der Luft und der stetigen Temperatur dieser Orte mag die eigenthümliche Mischung des Lichtes den eigenthümlichen Habitus der Waldflora bestimmen. Eine Untersuchung über die Durchleuchtung der grünen Blätter wird zunächst zeigen, welche Strahlen im Waldes-

---

[1]) Gardner (*London, Edinbourgh and Dublin ph. Magazin* 1844); Guillemin (*production de la chloroph. etc. ann. d. sc.* 4. Serie, VII, p. 1857) und Martius (gelehrte Anzeigen von Mitgliedern d. k. bayr. Akademie d. W. 1853 und bot. Zeitg. 1854, p. 30).

dunkel fehlen und welche vorherrschen müssen, und weitere Untersuchungen der Bedürfnisse der Pflanzen in Bezug auf Intensität und Qualität des Lichtes werden dann zeigen, in wieweit die Charaktere der Waldflora von der Beleuchtung abhängen.

Die vorstehenden Andeutungen mögen genügen, um den Zweck klar zu machen, den ich bei der vorliegenden Untersuchung zu erreichen strebte. Die Untersuchungen sind allerdings noch nicht zahlreich genug, auch die Genauigkeit lässt noch viel zu wünschen übrig, insoferne die Instrumente, die ich dazu angewendet habe, nicht eigentlich messende sind, sondern nur Schätzungen zulassen. Wenn ich daher schon jetzt die folgenden Angaben veröffentliche, so geschieht es mehr, um die Forschung in dem angegebenen Sinne anzubahnen, als sie zum Abschluss zu bringen. In Bezug auf das analysirende Diaphanoskop werde ich die Nachsicht der Physiker in Anspruch zu nehmen haben, aber ich glaube auch, dass in den Händen eines Optikers der Apparat einen hohen Grad von Vervollkommnung erfahren könnte; ich glaube er verdient eine solche, da er schon jetzt, in seinem unvollkommenen Zustande mir so vielfache Belehrung auf höchst einfache und bequeme Art gewährt hat.

Wenn es nur darauf ankommt, zu sehen, ob ein Pflanzentheil von bestimmter Dicke noch sichtbares Licht durchlässt, wenn man also bestimmen will, wie tief das Licht einer gegebenen Lichtquelle eindringt und dabei weiter keine Rücksicht auf seine qualitativen Änderungen beim Durchgang durch den Pflanzentheil nimmt, so genügt der in Fig. 1 im Längsschnitt dargestellte Apparat. Derselbe ist ganz aus starkem Pappendeckel gearbeitet und besteht aus zwei einander ähnlichen Röhren *A* und *B*, deren jedes an einem Ende verschlossen ist und zwar ebenfalls durch eine starke Pappscheibe (*a* und *b*). Das Rohr *B* muss sich mit möglichst starker Reibung auf *A* hin- und herschieben lassen. Die beiden Deckel *a* und *b* sind so durchbohrt, dass ihre Öffnungen genau über einander liegen. Alle Theile sind in- und auswendig mit schwarzem Papier überzogen oder besser mit schwarzer nicht glänzender Farbe überstrichen. Der Durchmesser des Rohres *A* kann ungefähr 2 Zoll betragen, seine Länge entspricht der Sehweite des beobachtenden Auges. Bei der Untersuchung wird das Object auf *a* gelegt, so dass es die Öffnung desselben allseitig möglichst weit überragt, und dann *B* über *A* geschoben, so dass *b* auf das zwischen *a* und *b* liegende Object zu liegen kommt.

Die scharfgeschnittenen Ränder von *y* und *z* müssen sich dicht an den eingeschalteten Gegenstand anlegen und die Reibung zwischen *A* und *B* muss so gross sein, dass *a* und *b* den Gegenstand, wenn er einmal eingeklemmt ist, festhalten. Das durch *z* einfallende Licht kann alsdann nur durch das Object hindurch zur Öffnung *y* gelangen, um von dort aus dem Auge in *o* sichtbar zu werden. Die punktirte Linie *kk* deutet den Umriss eines cylinderförmigen durchscheinenden Pflanzentheiles (z. B. ein so zugeschnittenes Stück Kartoffel) an. Wenn der eingeschaltete Körper sehr durchsichtig ist, und vor *z* eine sehr intensive Lichtquelle steht, so genügt es, das Auge in die Gegend von *a* zu bringen, um in dem dunklen Raume des Rohres *A* die Öffnung *y* als einen hellen Fleck zu erkennen. Wenn es aber darauf ankommt, eine sehr geringe, durch den eingeschalteten Körper durchgelassene Lichtmenge wahrzunehmen, so muss der Raum im Rohre *A* möglichst finster sein; zu diesem Zwecke schneidet man den Rand *c c* so zu, dass er genau auf die Umgebungen der Augenhöhle passt; es lässt sich dies so bewerkstelligen, dass der gehörig ausgeschnittene Rand *c c* sich auf die Augenbraunknochen, die Nasenwurzel, den Backenknochen und den äusseren Orbitalrand mit einem geringen Druck so anlegen lässt, dass die gepresste Gesichtshaut alle Spalten ausfüllt. Bei langem Beobachten, was zuweilen nöthig ist, schmerzt der continuirliche Druck; es ist daher zu empfehlen, den Rand *cc*, nachdem er gehörig zugeschnitten ist, mit einem schwarzen elastischen Wulst zu bordiren. Allerdings wird auch so der Raum in *A* noch nicht ganz finster, denn die Gesichtshaut ist durchscheinend und lässt ein wenig Licht rückwärts in das Rohr *A* hinein gelangen. Diesem Übelstande kann man zum grossen Theil durch einen schwarzen Schirm vorbeugen, den man über *A* so schiebt, dass er das Gesicht bedeckt, um die Haut zu beschatten. Schaltet man zwischen *a* und *b* einen Gegenstand ein, der nur sehr wenig Licht durchlässt und drückt man den Rand *c c* in der angegebenen Weise auf die Umgebung der Augenhöhle, so befindet sich das Auge anfangs scheinbar in völliger Dunkelheit; zuweilen erst nach fünf Minuten bemerkt man das durch *y* einfallende schwache Licht, welches bei längerem Hinsehen immer heller zu werden scheint. Die anfängliche Dunkelheit rührt von der Unempfindlichkeit des Auges für geringe Lichtintensitäten her, da es durch die dauernde Wirkung des Tageslichtes abgestumpft ist. Es ist nöthig das andere Auge mit der Hand dicht zu bedecken, da das

Augenlied so viel Licht durchlässt und dieses den Eindruck im andern Auge stört.

Will man sehr kleine Lichtintensitäten an diaphanen Körpern erkennen, so ist es nöthig beide Augen längere Zeit zu schliessen und mit den Händen zu bedecken, dann auf das eine geschlossene Auge das Rohr aufzusetzen, während die Hand auf dem andern liegen bleibt, und nun erst das beobachtende Auge zu öffnen. Bei gegebenem eingeschalteten Object hängt die Intensität des in *y* erscheinenden Lichtes von der Intensität der Lichtquelle und der Empfindlichkeit des Auges ab; man muss diese Umstände berücksichtigen, wenn man mehrere Objecte auf ihre relative Durchleuchtung untersucht; die Beobachtungsreihe wird dadurch vergleichbar, dass man bei jeder Beobachtung die Öffnung *z* entweder immer gegen die Sonne, oder gegen eine weisse Wolke richtet; da die Beobachtungen meist nur wenige Minuten beanspruchen, so kann man in beiden Fällen auf die nöthige Constanz der Lichtquelle rechnen, wenn man einen ruhigen, heiteren Mittag zur Beobachtungszeit wählt.

Messungen über die Intensität des durchscheinenden Lichtes lassen sich mit dem beschriebenen Instrumente nicht machen, dafür ist es aber ganz geeignet, auf einfache Art zu zeigen, ob überhaupt noch Licht durch einen Pflanzentheil geht, und wenn daher der Apparat in keiner Weise Anspruch auf den Namen eines Diaphanometers machen darf, so verdient er doch den eines Diaphanoskops, welches ich zum Unterschied von dem folgenden Instrumente als einfaches Diaphanoskop bezeichnen will. Dem oben angedeuteten Zwecke, zu zeigen, wie tief überhaupt das Licht der Sonne, des blauen Himmels oder der weissen Wolken in die Pflanzentheile mit einer dem Auge wahrnehmbaren Intensität eindringt, entspricht der einfache Apparat hinreichend.

Ich lasse nun einige damit gemachte Beobachtungen hier folgen; die Blätter, Knollen, Wurzeln u. s. w. wurden so zugeschnitten, dass sie sich zwischen die Platten *a* und *b* bequem einschalten liessen.

Am 19. Juli 1860 wurden folgende Beobachtungen gemacht, indem die Öffnung *z* des Rohres gegen eine an der Mittagssonne beleuchtete weisse Wolke gerichtet wurde.

Object zwischen *a* und *b*.	Helligkeit und Färbung des durch *y* wahrnehmbaren Lichtes.
Drei Kirschblätter noch ziemlich jung	heller, intensiv grüner Schein.
Vier Kirschblätter	schwacher, rothbrauner Schein.
Fünf Kirschblätter	kein wahrnehmbares Licht mehr.
Sieben Blätter von *Sonchus asper* ganz gesund und schön grün	dunkel blutrother Schein.
Neun Blätter ebenso	undurchscheinend.
Sechs schön grüne Blätter von *Cynanchum vincetoxicum*	dunkel blutrother Schein.
Fünf Blätter von Buchweizen	hellgrüner Schein.
Acht Blätter davon	dunkel blutroth.
Weisser Same von *Phaseolus multiflorus* in Wasser gequollen, mit Schale	roth durchscheinend.
Ein Cotyledon davon	grünlich durchscheinend.
Stück aus einem frischen unreifen Apfel 3 Centim. dick	hellgrün, sehr lichtstark.
Vier Eichenblätter	hellgrün.
Sechs Eichenblätter	roth durchscheinend, sehr lichtschwach.
Stück aus einer Kohlrübe mit Schale 3 Centim. dick	hellgrüner Schein.
Ebenso ohne Schale 2 Centim. dick	farblos, sehr hell.
Kartoffel sammt doppelter Schale 3, 7 Centim. dick	roth durchscheinend.

Zunächst zeigen diese einfachen Beobachtungen, dass die vegetabilischen Zellgewebe im Allgemeinen weit durchscheinender sind, als man nach der täglichen Wahrnehmung glauben würde. In das Parenchym der Äpfel, Rüben und Kartoffeln dringt das Licht mehrere Centimeter tief mit namhafter Intensität ein, und es kann nun nicht mehr überraschen, wenn sich unter Umständen tief im Innern solcher Gewebe grüner Farbstoff bildet; ebenso zeigt der Umstand, dass mehrere Lagen dunkelgrüner Blätter noch viel Licht durchlassen, dass auch bei den Embryonen im Innern der Carpelle das nöthige Licht vorhanden ist, wenn sich nur die sonstigen physiologischen Bedingungen der Chlorophyllbildung in ihnen vorfinden.

Auffallend ist es, dass die grünen Blätter sowohl als die farblosen Gewebemassen bei bestimmter Dicke, bevor sie undurchsichtig werden, roth erscheinen; es zeigt dies, dass die minder brechbaren Strahlen von grösserer Wellenlänge tiefer eindringen als die stärker brechbaren und die von kleinerer Wellenlänge. Diese Thatsache wird

mit dem sogleich zu beschreibenden Instrumente ausser Zweifel gesetzt.

Fig. 2 zeigt den Längsschnitt des analysirenden Diaphanoskops. Es besteht gleich dem einfachen aus Pappe, welche überall schwarz überzogen ist. Das Rohr *B*, welches ich hier als Objectiv bezeichne, lässt sich auch hier mit starker Reibung auf *A* hin und her schieben. Das Mittelstück *A* ist hier viel länger, etwa 15—20 Zoll und auch an seinem hinteren Ende mit einem Deckel verschlossen. Neu hinzugekommen ist das Rohr *C*, welches vorne mit grosser Reibung auf *A* verschiebbar ist und hinten das Prisma *P* enthält; ich bezeichne diesen Theil des Apparates als Ocular. Fig. 3 zeigt den Querschnitt des Oculars sammt dem darin befindlichen Prisma, welches an dem Zapfen *z* so befestigt ist, dass es vermittelst desselben um seine Axe gedreht werden kann; der Zapfen *z* geht durch die Wand des Rohres *C* mit starker Reibung und schliesst die Öffnung so dicht, dass kein Licht eintreten kann. Auch bei diesem Instrument dient der Raum zwischen *a* und *b* zur Aufnahme des Objects. Der Lichtstrahl *ααα* dringt bei *z* ein, durchsetzt den diaphanen Körper und tritt bei *s* in das Rohr ein, um zum Prisma zu gelangen. Um das von dem Prisma zu erzeugende Spectrum in reinen Farben zu erhalten, muss der Spalt bei *s* schmal und scharfrandig sein. Zu diesem Zwecke nehme ich aus dem Deckel *a* ein etwa 4—5 Millim. breites und 10 Millim. langes Rechteck heraus und klebe dann über dieses ein Stanniolblättchen *xx*, in welchem sich ein Spalt von 1 Millim. Breite und 9—10 Millim. Länge befindet, dessen Ränder durch Druck scharf gemacht sind. Fig. 4 zeigt die obere Ansicht dieser Platte. Die Öffnung *z* kann viel breiter sein, um mehr Licht zum Object gelangen zu lassen und so das in *s* ausstrahlende intensiver zu machen. Die Platte *c* des Rohres *A* dient als Diaphragma, um von dem Prisma die divergirenden Strahlen abzuhalten; wegen der Schwierigkeit der richtigen Einstellung ist es nicht thunlich, den Spalt im Diaphragma ebenso eng zu machen, als den im Stanniolblättchen. Der Rand *dd* muss auch hier so ausgeschnitten werden, dass er sich dicht an alle Theile der Augenumgebung andrücken lässt, er muss also für eines der beiden Augen ein für alle Mal adaptirt werden.

Die Spalten *s* und die in *a* müssen parallel sein. Vor der Beobachtung nimmt man *B* ab, hält das Ocular vor das Auge und dreht das Prisma mit der andern Hand so, dass man das Spectrum *s'* des

Spaltes *s*, den man gegen eine weisse Wolke richtet, möglichst scharf sieht. Alsdann lässt man die Einstellung unverrückt und legt das Object auf *a*, worauf *B* übergeschoben wird. Auch muss der eingeschaltete Gegenstand zwischen *a* und *b* so eingepresst sein, dass die Spaltränder beider Platten ihm dicht anliegen; man sorgt dafür, dass der Spalt *z* mit *s* parallel zu stehen kommt. Bei der Beobachtung fasst man das Instrument an dem Ocularrohre *C*, richtet die Öffnung *z* gegen die Sonne, gegen eine weisse Wolke oder gegen den blauen Himmel; das andere Auge wird mit der andern Hand bedeckt.

Obgleich ich bisher nur gewöhnliche dreiseitige Prismen von Krystallglas anwenden konnte, so sehe ich mit einem brechenden Winkel von 60 Grad, wenn der Spalt *s* gegen eine weisse Wolke gerichtet ist, und kein Object im Objectiv sich befindet, doch die Frauenhofer'schen Linien *D, E, F, G* und *H* mit ziemlicher Schärfe und ich glaube aus diesem Umstande auf die Brauchbarkeit des Instrumentes schliessen zu dürfen. Wenn Pflanzentheile eingeschaltet sind, so ist von den Linien nichts zu sehen, da in den Geweben das Licht diffus wird und dann bei *s* nach allen Richtungen zerstreut austritt.

Um die im analysirenden Diaphanoskop untersuchten Körper auch auf ihre Durchlässigkeit für chemische, ultraviolete Strahlen zu prüfen, wende ich den von Stokes angegebenen Apparat Fig. 5 an. Er besteht aus einem Glascylinder mit Fuss, 6—7 Zoll hoch und etwa 1 Zoll im Durchmesser. Derselbe ist mit mehreren Lagen schwarzen Papiers dicht umwickelt, auch der Fuss ist damit überklebt. An einer Seite bringt man in dem schwarzen Überzug einen Spalt von 6—8 Millim. Länge (horizontal) und 1 Millim. Breite an, durch welchen das Glas entblösst wird. In den Cylinder wird eine Lösung von schwefelsaurem Chinin gegossen, so dass das Niveau der Flüssigkeit etwas über dem Spalt *s* steht. Man stellt den Cylinder so, dass directes Sonnenlicht in den Spalt fällt, während man auf den oberen Rand *r r* das Auge legt und dies so dicht als möglich, um den Raum im Cylinder von allem Licht ausser dem durch *s* einfallenden freizuhalten. Man sieht dann das prachtvolle Hellblau des dispergirten Lichtes; die unsichtbaren ultravioleten Strahlen des Sonnenlichtes werden in der Flüssigkeit in minder brechbare blaue Strahlen umgewandelt. Hält man vor *s* ein rothes Glas, so ver-

schwindet das Phänomen vollständig, weil das rothe Glas keine chemischen Strahlen durchlässt; bringt man dagegen ein violetes Glas vor den Spalt, so tritt die blaue Fluorescenz um so schöner hervor, da das violete Glas gerade den brechbarsten Strahlen den Durchgang am besten gestattet. Will man nun einen Pflanzentheil auf seine Durchdringbarkeit für chemische Strahlen prüfen, so hält man ihn dicht vor den Spalt *s* und zwar muss das in Gestalt einer Platte zugeschnittene Object den Spalt allseitig überragen, um nur durchscheinendes Licht eindringen zu lassen. Entsteht nun bei vorgehaltenem Object in der Flüssigkeit ein blauer Schein, so ist dies der Beweis, dass jenes chemische Strahlen durchlässt.

Das schwefelsaure Chinin im Cylinder dient zur Ergänzung der Lichtanalyse, welche das analysirende Diaphanoskop gewährt. In Bezug auf dieses Letztere habe ich nur noch die Bemerkung vorauszuschicken, dass die Absorption von Strahlen bestimmter Farbe oder Brechbarkeit im durchleuchteten Object sich dadurch geltend macht, dass die betreffende Stelle des Spectrums in *s'* (Fig. 2) entweder dunkler (bei theilweiser Absorption) oder völlig schwarz erscheint. Wenn ein zwischen *a* und *b* eingeschalteter Gegenstand z. B. alle Strahlen ausser Gelb durchlässt, so wird man das ganze Spectrum, nämlich Roth, Orange, — Grün, Blau und Violet mit Ausnahme des Gelb sehen, an dessen Stelle ein schwarzer Streif zwischen Orange und Grün liegt. Um sich für die Untersuchung vegetabilischer Objecte einzuüben, um die dort auftretenden Erscheinungen auf Bekannte zurückzuführen, kann man Gläser der verschiedensten Farben vor den Spalt des Objectives halten und die so stattfindenden Absorptionserscheinungen studiren.

Die zunächst folgenden Beobachtungen wurden mit Hilfe eines Prisma's *P* gemacht, dessen brechender Winkel nur 45 Grad betrug; die Höhe des Spectrums ist hierbei gering, aber es bietet den Vortheil, auch bei sehr lichtschwachen Objecten noch deutliche Farben zu liefern.

Bei den folgenden Beobachtungen wurde das Objectiv immer gegen eine weisse, von der Sonne beschienene Wolke gerichtet.

Eingeschaltetes Object.	Bestandtheile des durchscheinenden Lichtes und das Verhalten desselben gegen Chininlösung.
6. August 1860.	
Kartoffel.	
Schale derselben	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, geringe Fluorescenz.
Scheibe des Gewebes 1 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, starke Fluorescenz.
„ „ „ 7 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, keine Fluorescenz.
„ „ „ 10 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau.
„ „ „ 32 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün.
Unreifer Apfel.	
Schichte mit Schale 2 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, Fluorescenz.
„ ohne „ 6 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau.
„ mit „ 7 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün, wenig Blau.
„ „ „ 10 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün.
„ „ „ 23 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün (sehr schmal).
Kohlrübe.	
Schale (grün)	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, keine Fluorescenz.
Parenchymschichte ohne Schale 2 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, starke Fluorescenz.
Schichte mit Schale 5 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Grün.
„ „ „ 10 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün.
„ „ „ 23 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün.
„ ohne „ 10 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau.
„ „ „ 15 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau.
Rothe Möhre (quer durchschnitten).	
Schichte 2 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, kein Violet und keine Fluorescenz,
„ 4 „ „	Roth, Orange, Gelb, Grün.
„ 17 „ „	Roth, wenig Gelb.
„ 30 „ „	reines dunkles Roth, so breit wie Spalt *s*.
9. August 1860.	
Einjähriger Kirschtrieb.	
Rinde desselben (grün)	Roth, Orange, Gelb, Grün.
Holz desselben, welches in der Nähe des Markes Chlorophyll enthält, 6 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Spur von Grün.

Weidenzweig.

Rinde desselben	Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau.
Holz [1]) 4 Mill. dick	Roth und Spur von Grün, sehr schmal.

Heracleum spondylium.

Stengel querdurchstrahlt	
Rinde, Holz, Mark 3 Mill. dick	Roth, Orange, Gelb, Grün und Spur von Blau.

Diese und viele andere Beobachtungen zeigen, dass das Eindringen des Lichtes in die chlorophyllarmen oder chlorophyllfreien Gewebe einem bestimmten Gesetze unterliegt; die chemischen Strahlen werden schon von sehr dünnen Schichten geschwächt und vernichtet; die violeten dringen etwas tiefer, noch tiefer die blauen; Roth, Orange, Gelb, Grün dringen bei weitem tiefer ein als das Blau; zuletzt verschwindet das Roth und das Grün; also die brechbarsten Elemente des Lichtes werden zuerst und in den äusseren Schichten absorbirt, einige minder brechbare dringen sehr tief ein.

Die mit Chlorophyll erfüllten Blätter zeigen ausserdem noch wesentlich andere Erscheinungen, welche von dem grünen Farbstoff bedingt werden.

Das durch eine Chlorophylllösung gegangene Licht zeigt bekanntlich im Spectrum eigenthümliche, diesem Stoffe allein charakteristische Absorptionsstreifen, von denen Harting[2]) gezeigt hat, dass sie dem Chlorophyll aller Pflanzen eigen sind. Wendet man eine dünne Schicht der Lösung oder eine dickere Schicht einer sehr verdünnten Lösung an, so zeigt das Spectrum des durchfallenden Lichtes zwischen den Linien *B* und *C* einen schwarzen Streifen, ferner nahe bei *E* einen dunklen Streifen; das brechbarste Grün, das Blau und Violet sind sehr verdunkelt; wendet man eine dickere Schicht oder eine concentrirtere Lösung an, so ist im Spectrum des durchfallenden Lichtes der ganze Raum zwischen *B*, *C* und *D* schwarz, die dunkle Linie bei *E* wird etwas breiter, das äusserste Grün, das Blau und Violet sind vollständig verschwunden; bei noch dickeren Schichten der Lösung geht nur das Roth bei der Linie *B* und ein wenig Grün-Gelb durch. Es schien mir nun wünschenswerth zu erfahren, ob die grünen Blätter dem durchgehenden Lichte dieselben Eigenthümlichkeiten verleihen, ob die Absorptionsstreifen,

---

[1]) Quer durchstrahlt.

[2]) Pogg. Ann. 96, p. 543.

welche der Chlorophylllösung eigen sind, auch in dem die Blätter durchstrahlenden Lichte auftreten würden. Das ist in der That der Fall und man kann daraus interessante Folgerungen ziehen.

Bei den folgenden Beobachtungen wurde ein Prisma *P* mit einem brechenden Winkel von 60 Grad angewendet. Die Blätter wurden so zugeschnitten, dass sie gerade in das Rohr *B* passten und nach und nach mehrere Lagen ganz frischer Blätter eingeschaltet. Die bei dem Durchgang des Lichtes verursachte Zerstreuung macht, dass die Strahlen aus *s* nicht parallel zum Prisma gelangen und dies hindert das Sichtbarwerden der Fraunhofer'schen Linien. Die Lage der Absorptionsstreifen kann also nur geschätzt werden.

Wenn man auf die angegebene Art in das Objectiv des analysirenden Diaphanoskops nur ein Blatt von Kirsche, Kürbiss, Runkelrübe, Chenopodien, Plantago, Polygonum u. s. w. einschaltet, und die Öffnung *z* gegen die Sonne richtet, so zeigt das Spectrum des Spaltes *s'* alle Farben, nämlich Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet; die beiden letzteren aber geschwächt und im Roth erscheint ein ziemlich schmaler schwarzer Streifen, der dem charakteristischen Absorptionsstreifen der Chlorophylllösung völlig entspricht; im Gelb bemerkt man eine Verdunkelung, die aber wegen der Divergenz des durchscheinenden Lichtes nicht als scharfe schwarze Linie auftritt. Im Allgemeinen gleicht das Spectrum demjenigen, welches von dem durch eine verdünnte Chlorophylllösung gegangene Licht herrührt. Schaltet man zwei bis drei Blätter ein, so wird der Absorptionsstreif im Roth viel breiter, es bleibt oberhalb desselben ein schmaler Streifen sehr dunkles Roth übrig, so dunkel, dass man es leicht übersieht; der dunkle Streif im Gelb ist auch jetzt nicht scharf begrenzt; das Blau ist beinahe vollständig vernichtet, das Violet fehlt ganz. Zwei bis drei Lagen grüner Blätter verhalten sich also in Bezug auf das durchgehende Licht so, wie eine dickere Schichte von Chlorophyllextract oder wie eine dünnere Schichte der concentrirten Lösung. Das so erhaltene Spectrum besteht dann aus: Dunkelroth, schwarzem Streif, Hellroth und Orange, Gelb mit dunklem Streifen, Grün und von Spur Blau. Hält man ein beliebiges grünes Blatt vor den Spalt des Cylinders mit Chininlösung (Fig. 5 *s*), so ist alle Fluorescenz vernichtet, auch wenn directes Sonnenlicht auf das Blatt fällt. Auch in dieser Beziehung stimmt die im Blatte stattfindende Absorption mit der einer Schicht von Chlorophylllösung überein.

Wenn man die grünen Blätter mit Alkohol 2 — 3 Tage der Sonne aussetzt, so werden sie vollständig entfärbt. In diesem Zustande in dem Diaphanoskop untersucht, zeigen sie nichts mehr von den Absorptionserscheinungen, welche dem Chlorophyll eigen sind; mit dem Farbstoff ist auch diese Reaction verschwunden; diese entfärbten Blätter verhalten sich wie anderes farbloses Parenchym oder wie weisses Papier gegen durchfallendes Licht. Eine Lage entfärbter Blätter liefert im Spectrum Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und viel Violet. Zwei bis drei Lagen schwächen die Intensität der Farben und besonders das Violet, aber Absorptionsstreifen im Roth und Gelb erscheinen auch jetzt noch nicht. Eben so verhalten sich chlorotische Maisblätter; die etiolirten Blätter lassen ebenfalls das ganze Spectrum durch, sogar die Fluorescenz im Chinin wird nicht verhindert; sobald sie aber einige Stunden dem Lichte ausgesetzt waren und eine Spur grüner Farbe zeigen, verhindern sie die Fluorescenz und die Absorptionsstreifen treten auf.

Es ist eine überraschende Erscheinung, dass der grüne Farbstoff in den Blättern so auf das durchfallende Licht wirkt, als ob alle Zellsäfte aufgelöstes Chlorophyll enthielten; wenn dasselbe in den Blättern in Gestalt einer Lösung vorhanden wäre, so wäre das eigenthümliche Verhalten des Spectrums durchaus nicht auffallend; da aber der Farbstoff nur in den Chlorophyllkörnern enthalten ist, welche nicht einmal continuirliche Schichten bilden, sondern lose neben einander liegend nur die Wände der Zellen bedecken, so muss es auffallen, dass das Licht dennoch in eine so vollständige Berührung mit dem Farbstoffe bei seinem Durchgang durch das Gewebe kommt. Obgleich also der Farbstoff in den Blättern nicht gelöst ist, wirkt er dennoch auf das einfallende Licht vollständig als ob er wirklich gelöst wäre. Es hat diese Thatsache gewiss eine allgemeine und wichtige Bedeutung für die Ökonomie des vegetabilischen Lebens. Wir wissen, dass zur Assimilation des Kohlenstoffes d. h. zur Zersetzung der Kohlensäure in den Blättern der grüne Farbstoff und das Licht zusammen wirken müssen, dass das Licht die Abscheidung des Sauerstoffes nur dann bewirkt, wenn es auf Chlorophyll trifft. Da wir nun finden, dass jeder Lichtstrahl, der auf das Blatt fällt, auch wirklich mit dem Farbstoff in Berührung kommt, so müssen wir schliessen, dass auch jeder auffallende Lichtstrahl in Wirksamkeit tritt, dass keiner verloren geht, keiner müssig das Gewebe

durchdringt. Es wird also die Kraft des Lichtes, welches auf ein Blatt fällt, vollständig ausgebeutet.

Um nun auf die Eingangs gemachten Betrachtungen wieder zurückzukommen, können wir aus den mitgetheilten Beobachtungen uns im Allgemeinen eine Vorstellung, von der Vertheilung des Lichtes in dem Inneren der vegetabilischen Gewebe bilden. Denken wir uns einen jungen Apfel, eine noch grüne Pflaume, eine junge Kohlrübe, einen krautigen oder einen einjährigen verholzten Stammtheil, so werden wir in allen diesen Fällen annehmen müssen, dass das Licht bis in die innersten Theile derselben eindringt, aber jede Schichte der Gewebe erhält eine andere Beleuchtung; zunächst nimmt die Intensität der Durchleuchtung von aussen nach innen hin ab; wichtiger ist aber der Umstand, dass jede Schichte nicht nur eine ihr eigenthümliche Intensität der Beleuchtung, sondern noch mehr eine ihr eigene Qualität des Lichtes empfängt. Jede Strahlengattung, welche von einer mehr äusseren Schichte absorbirt wird, fehlt natürlich in dem Licht, welches zur nächst inneren Schicht gelangt. Die äusserste Schichte der Rinde erhält die ganze, volle Wirkung des Lichtes, in ihr finden die Strahlen jeder Brechbarkeit und Eigenschaft Zutritt; sie absorbirt aber die chemischen Strahlen beinahe vollständig und ausserdem einen Theil der violeten und blauen; die nächst innere Schichte erhält ein Licht, in welchem die weniger brechbaren Elemente vorwiegen; eine noch tiefere Zellenlage erhält nur Roth, Orange, Gelb, Grün, und die innersten Zellen werden endlich nur von sehr schwachen, rothen und grünen Strahlen durchleuchtet. Da wir nun wissen, dass die verschiedenen Theile des Sonnenspectrums sehr verschiedene chemische Wirkungen äussern, so liegt die Vermuthung nahe, dass die chemische Charakteristik der verschiedenen Schichten der Pflanzentheile mit ebenso charakteristischen photochemischen Processen in denselben Hand in Hand geht. Ferner, wo man grünen Farbstoff im Innern von Pflanzentheilen findet, wird man immer seine Entstehung zunächst als eine Lichtwirkung betrachten müssen, so lange nicht der Beweis geliefert ist, dass an den betreffenden Stellen auch bei absoluter Finsterniss Chlorophyll entstehen kann.

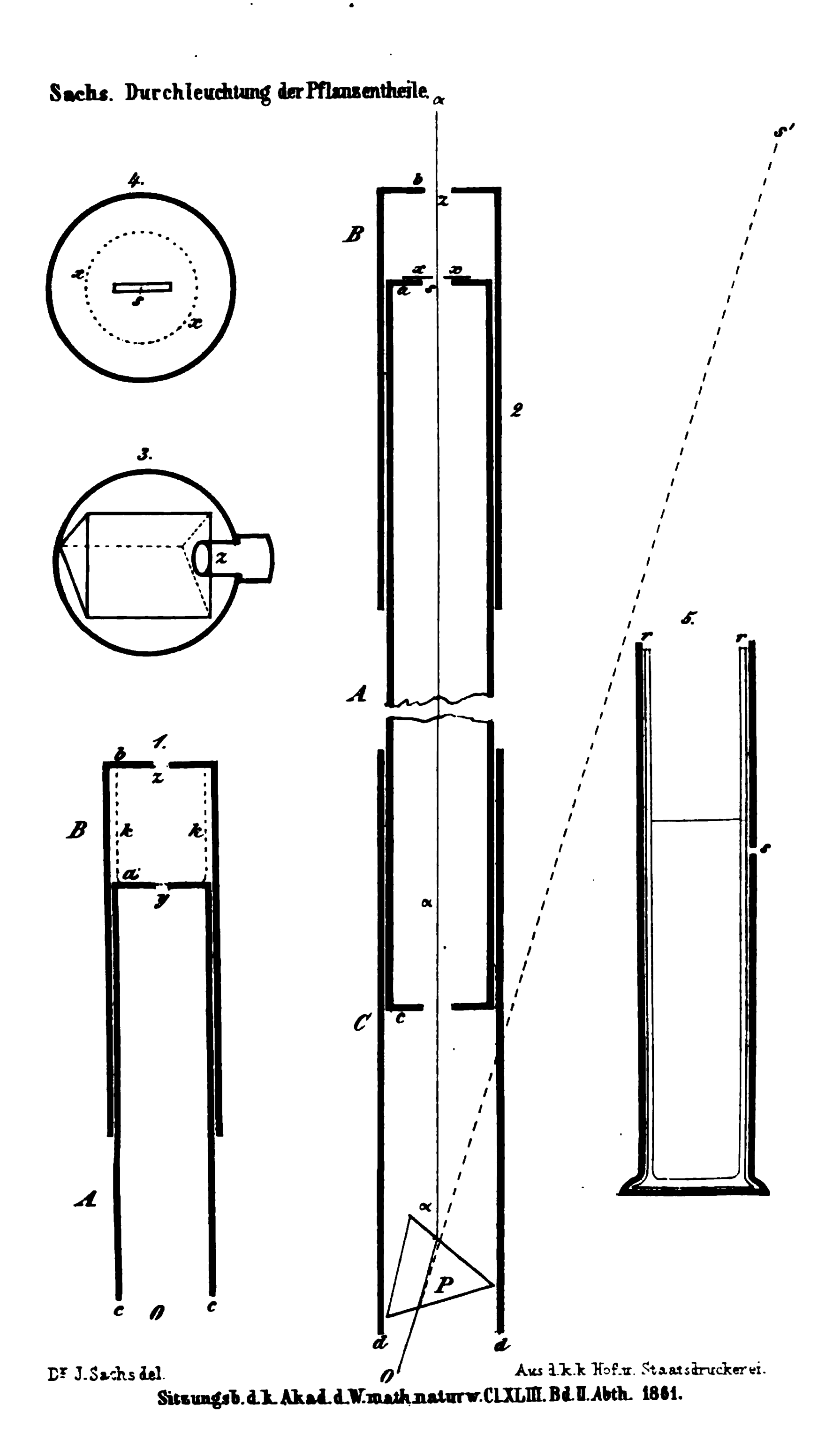
Das Licht, welches auf den Boden eines dicht geschlossenen Hochwaldes fällt, wird mehr oder weniger die Zusammensetzung dessen haben, welches durch ein oder mehrere grüne Blätter gegangen ist; es werden in diesem Lichte vorzugsweise rothe, gelbe, grüne Strahlen

vertreten sein, die blauen, violeten und chemischen aber nur in geringer Menge sich finden; da freilich auch zwischen den Blättern hindurch Tageslicht einfällt, so wird jene Mischung zum Theil verwischt werden, es wird kein absoluter Mangel an den brechbarsten Strahlen stattfinden, aber doch ein relativer. Wenn nun von der eigentlichen Waldvegetation diejenigen Pflanzen ohnehin ausgeschlossen sind, welche das volle ungeschwächte Tageslicht bedürfen, so werden aber auch anderseits davon diejenigen Schattenpflanzen ausgeschlossen bleiben, welche zwar ein gemindertes Licht verlangen oder ertragen, darin aber alle Elemente desselben in gewöhnlicher Mischung verlangen; die Waldpflanzen müssen offenbar als solche betrachtet werden, welche bei geringer Intensität des Lichtes sich vorwiegend mit den minder brechbaren Strahlen begnügen, oder verhältnissmässiges Übergewicht derselben über die brechbaren vertragen. Ich kann eine Beobachtung anführen, welche jedenfalls dafür spricht, dass die eigenthümliche Mischung der Strahlen im Waldesdunkel nur für die echten Waldpflanzen passt, das Licht von anderer Mischung, d. h. mit vorwiegend sehr brechbaren Strahlen ihnen schaden würde. Wie ich in einer früheren Arbeit [1]) gezeigt habe, wirken die blauen und höher brechbaren Strahlen des Sonnenlichtes so auf die grünen Blätter ein, dass die getroffenen Stellen heller werden, und es ist sehr wahrscheinlich, dass dieses Erbleichen von einer Zerstörung eines Theiles des Chlorophylls herrührt, der unter dem Einflusse der rothen Strahlen oder einer vorübergehenden Dunkelheit wieder restituirt wird.

Ich habe seit der Veröffentlichung jener Beobachtungen mich davon überzeugt, dass diese entfärbende Wirkung der blauen und violeten Strahlen bei den Blättern der Waldpflanzen viel energischer stattfindet als bei den Feldpflanzen. Wenn man Blätter von *Hyeracium sylvaticum*, von *Oxalis acetosella*, *Galeobdolon luteum* theilweise bedeckt und die freien Stellen den Sonnenstrahlen (oder dem durch blaues Glas gegangenen Lichte) aussetzt, so findet man schon nach wenigen Minuten die bestrahlten Theile heller als die beschatteten; bei den Blättern der Bohnen, Saubohnen, der Sonnen-

---

[1]) Über das abwechselnde Erbleichen und Dunklerwerden der Blätter bei wechselnder Beleuchtung, von Dr. Julius Sachs: Berichte der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1859.



Dr. J. Sachs del.
Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.
Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. XLIII. Bd. II. Abth. 1861.



rose, der Sonchus u. s. w., welche im vollen Tageslichte vegetiren, ist diese von den blauen Strahlen bewirkte Entfärbung erst nach längerer Zeit und dann so schwach wahrnehmbar, dass besondere Übung dazu gehört, sie zu sehen. Wenn man dagegen solche Pflanzen längere Zeit im Zimmer, oder sonst an einem dunklen Orte hält, so werden sie alsdann ebenso empfindlich für die Wirkung der stark brechbaren Strahlen wie die Waldpflanzen; nur findet hierbei der gewichtige Unterschied Statt, dass die Waldpflanzen sich in dem Dunkel entwickeln und sich dort wohl befinden, während die Feldpflanzen in dieser Beleuchtung zu Grunde gehen würden; wir haben also hier entschieden verschiedene Lichtbedürfnisse; die Waldpflanzen erwachsen in einer Beleuchtung, welche sehr wenig hochbrechbare Strahlen enthält, sie sind sehr empfindlich für den Einfluss der letzteren und würden, wenn es andauerte, zu Grunde gehen; die Feldpflanzen dagegen wachsen im vollen Tageslicht, sie erhalten die chemischen, violeten, blauen Strahlen in ihrer ganzen Intensität, werden ihnen diese entzogen [1]), so verkümmern sie.

Die Spectra, welche man erhält, wenn man Blumenblätter in das analysirende Diaphanoskop einschaltet, sind ebenso verschieden wie die Farbennüancen der Blumenblätter selbst, da ich aber hierbei noch zu keinem Resultate von physiologischer Bedeutung gelangt bin und andererseits meine Beobachtungen noch nicht zahlreich genug sind, um ein allgemeines Gesetz, welches sich hier vielleicht finden könnte, zu geben, so mögen diese Beobachtungen einer späteren Mittheilung vorbehalten bleiben.

---

[1]) Mit dem analysirenden Diaphanoskop kann man sich leicht davon überzeugen, dass in dunklen Zimmern hauptsächlich die brechbarsten Strahlen fehlen, sie werden von den Wänden u. s. w. vollständiger absorbirt, als die minder brechbaren; die Zimmerdunkelheit ist also nicht blos quantitativ, sondern auch qualitativ von dem Tageslicht verschieden.

VI. SITZUNG VOM 21. FEBRUAR 1861.

Der Secretär liest eine, von dem c. M. Herrn Director Mädler in Dorpat, eingesendete Mittheilung: „Über kosmische Bewegungsgeschwindigkeiten mit Beziehung auf Doppler's Hypothese der Entstehung der Farben".

Das w. M., Herr Prof. Gottlieb, übersendet eine Abhandlung: „Der Forcherit, ein neues Mineral aus Steiermark", untersucht von Herrn R. Maly.

Herr Prof. Unger überreicht eine Abhandlung: „Beiträge zur Physiologie der Pflanzen".

Herr Regierungsrath, Prof. Hyrtl, legt eine Abhandlung vor: „Über anangische (gefässlose) Netzhäute".

Herr Bergrath Ritter von Hauer übergibt folgende, bereits in der Sitzung vom 7. Februar besprochene Mittheilungen des Herrn Hofrathes Haidinger:

1. „Das Doppelmeteor von Elmira und New Haven";
2. „Der Meteorsteinfall von Parnallee bei Madura in Hindostan";
3. „Vorläufige Nachrichten über Vorbereitungen zu einem zweiten meteorologischen See- und Land-Congress";
4. „Der Fortgang der Reise des Herrn Th. von Heuglin."

Herr Dr. G. Bizio legt eine Abhandlung vor: „Sopra l'olio della camomilla *(M. Chamomilla).*"

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abel, Rudolf, Pflanzen-Verzeichniss. Frühjahr 1861. — Sommer 1861. Wien, 1861; 8°.

Akademie, Königl. Preuss., zu Berlin, Monatsbericht. November 1860. Mit 3 Tafeln. Berlin, 1860; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Fried. Wöhler, J. Liebig und H. Kopp. N. R. Band XL, Heft 3. Leipzig und Heidelberg, 1860; 8°.

Annales des mines. 5e série, tome XVI, 5e et 6e livraison de 1859. Paris, 1859; 8°. — Tome XVII, 1re livraison de 1860. Paris 1860; 8°.

Astronomical Journal, The —, Nr. 141. — Vol. VI, Nr. 21. Cambridge, 1860; 4°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1294. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, VI. und VII. Heft. Wien, 1861; 8°.

Bauzeitung, Allgemeine, XXVI. Jahrgang, I. Heft sammt Atlas, Wien, 1861; 4⁰· & Folio.

Cosmos, Xᵉ Année, 18ᵉ Volume, 6ᵉ & 7ᵉ Livraison. Paris, 1861; 8⁰·

Erlangen, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1859 & 1860. Bamberg, Berlin, Erlangen, Leipzig, Neuburg und Neustadt, 1859—1860; 8⁰ & 4⁰·

Gazette médicale d'Orient, IVᵉ Année, Nr. 11. Const. 1861; 4⁰·

Gesellschaft, physikalisch-medizinische, zu Würzburg, Würzburger medizinische Zeitschrift. I. Band, 5. & 6. Heft. Würzburg, 1860; 8⁰· — Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. I. Band, 3. & 4. Heft. Würzburg, 1860; 8⁰·

Greifswald, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften für das Jahr 1860. Greifswald, 1860; 8⁰ & 4⁰·

Grunert, J. A., Archiv der Mathematik und Physik, XXXV. Theil, 4. Heft. Greifswald, 1860; 8⁰·

Halle, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1860. Berlin, Göttingen, Halle, Leipzig & Weimar, 1860; 8⁰·, 4⁰· & Folio.

Königsberg, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1860. Königsberg, 1860; 8⁰· & 4⁰·

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 5 und 6. Wien, 1861; kl. 4⁰·

Lund, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1859 & 1860. Christiania, Kopenhagen, Lund und Upsala, 1859 & 1860; 8⁰· und 4⁰·

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1861, Heft I. Gotha, 1861; 4⁰·

Rostock, Universität, Akademische Gelegenheitsschrifteu aus den Jahren 1859 & 1860. Rostock, 1859 & 1860; 8⁰·, 4⁰· & Folio.

Thomson, C. G., Skandinaviens Coleoptera. Häftet I. Carabici. (1857.) Tom. II. 1860. Lund, 1857 & 1860; 8⁰

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 6 & 7. Wien, 1861; 4⁰·

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, X. Jahrgang, Nr. 8. Gratz, 1861; 4⁰·

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von E. Erlenmeyer und G. Lewinstein. III. Jahrgang, Heft 23 & 24; IV. Jahrgang, Heft 1. Erlangen, 1860 & 1861; 8⁰·

Zetterstedt, Joh. Wilh., Diptera Scandinaviae. Tomus I. — XIV. Lundae, 1842—1860; 8⁰·

Zillner, F. V., Die Pöschlianer oder betenden Brüder in Ober-Österreich. (Separat-Abdruck aus der allgemeinen Zeitschrift für Psychiatrie. 17. Bd., 5. & 6. Heft.) Berlin, 1860; 8⁰· — Ein kurzes Vorwort zur Gründung der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde. Salzburg, 1860; 8⁰·

Über kosmische Bewegungsgeschwindigkeiten mit Beziehung auf Doppler's Hypothese der Entstehung der Farben.

Von dem c. M. F. H. Mädler.

Der 1853 verstorbene Doppler ist bekanntlich der Urheber einer Hypothese, nach welcher die verschiedenen Sternfarben, insbesondere der Doppelsterne, durch Bewegung hervorgerufen würden. Da nämlich den verschiedenen Farben verschiedene Wellenlängen zukommen, und diese Wellenlängen durch Hinzukommen einer Bewegung der Lichtquelle oder auch des Standpunktes des Beobachters sich ändern müssen, so werde in Folge dessen auch die Farbe eine andere.

Doppler wandte diese Theorie auch auf die Tonhöhe an, und in dieser Beziehung haben Versuche auf der holländischen Eisenbahn und an anderen Orten eine Bestätigung geliefert. Der Schluss liegt nahe, dass auch die Farbe in ähnlicher Weise durch Bewegung modificirt werden müsse.

Es ist nun nicht meine Absicht, dem was von Petzval und Anderen in theoretischer Beziehung über diesen Gegenstand veröffentlicht worden, etwas hinzuzufügen. Meine hier folgenden Bemerkungen sind rein praktischer Natur; es handelt sich um die Frage, ob sich Bewegungen, hinreichend stark um solche Änderungen merklich zu machen, im Kosmos vorfinden.

Nimmt man aus den Schwingungszahlen Fresnel's, mit Ausschluss des blos chemischen übervioleten Strahles ein Mittel, so findet man 601 ½ Billionen Schwingungen in 1 Secunde, entsprechend der Geschwindigkeit von 41.489 Meilen, wie sie aus der Aberrationsconstante 20"441 und der Sonnenparallaxe 8"57116 erhalten wird. Insofern nun diese Schwingungszahlen Repräsentanten der Lichtgeschwindigkeit sein sollen, erhalten wir

	Billionen Schwingungen	Meilen Geschwindigkeit
für Violet	735	50628
„ Violet-Indigo . .	707	48766
„ Indigo	691	47662
„ Indigo-Blau . . .	676	46628
„ Blau	653	45041
„ Blau-Grün . . .	630	43455
„ Grün	607	41868
„ Grün-Gelb . . .	583	40213
„ Gelb	563	38833
„ Gelb-Orange . .	543	37454
„ Orange	532	36695
„ Orange-Roth . .	520	35868
„ Roth	500	34488
„ Hochroth	481	33177

und die Differenzen der auf einander folgenden Geschwindigkeiten variiren zwischen 760 und 1655 Meilen.

Um mithin die violete Farbe (und es kommen nicht wenige Sterne dieser Färbung vor) zu erklären, müsste eine Differenz von + 9139 Meilen per Secunde, und um die hochrothe zu erhalten, eine solche von — 8312 Meilen angenommen werden. Selbst sehr geringe Nüancirungen der Farbe, so weit sie noch unterscheidbar wären, würden immer noch Hunderte von Meilen bedingen.

In unserem Sonnensysteme finden sich solche Geschwindigkeiten nicht. Unsere Erde hat 4 Meilen, Mercur $6^1/_2$, oder in seiner Sonnennähe $7^1/_2$ Meile, die grösste planetarische. Bei weitem geringer ist die der Monde; etwas grösser die der sonnennahen Kometen, von denen einige, wie die von 1680 und 1843, auf wenige Stunden eine Geschwindigkeit von 60 Meilen zeigten. Das ist nun aber so ziemlich das Äusserste, was nur ein parabolischer Komet in so unmittelbarer Nähe zur Sonne erreichen kann. Beträchtlich grösser könnten sie nur in einer hyperbolischen Bahn, deren Excentricität die Einheit weit überstiege, in solcher Sonnennähe stattfinden, und noch nie hat sich ein solcher Komet gezeigt. — In Gegenden, wo der Komet bequem sichtbar ist, kommen nur Geschwindigkeiten von höchstens 12—15 Meilen vor.

Die rothe Farbe des Mars, die bläuliche einiger Kometen kann demnach in der Bewegung nicht ihren Grund haben.

Wir wenden uns zur Bewegung unseres Sonnensystems, deren Richtung gegen den Herculus geht. Wir können ihre Quantität nicht direct, sondern nur durch Vergleichung mit Sternen von bekannter Parallaxe finden, und auch hier erhält man, abgesehen von der diesen Parallaxen selbst noch anklebenden Ungewissheit, je nach der Betrachtungsweise und der darauf gegründeten Berechnungsmethode, verschiedene Werthe. So fand O. Struve, ausgehend von den Parallaxen für Wega und dem Polaris, $1^1/_2$ Meile per Secunde; er würde, da gegenwärtig diese Parallaxen nicht (wie 1841 angenommen) 0"263 und 0"144, sondern resp. 0"157 und 0"076 gefunden worden, etwa $2^3/_4$ Meilen erhalten haben. Nach einer davon ganz verschiedenen Methode erhielt ich aus der Parallaxe 0"364 und der jährlichen Eigenbewegung 5"13, für 61 Cygni die Bewegung unseres Sonnensystems 7 Meilen, der grössten planetarischen nahezu gleich. Sie beträchtlich grösser anzunehmen, ist ganz unzulässig, oder man müsste von allem, was wir aus den Parallaxen und Eigenbewegungen schliessen können, ganz absehen. In keinem noch denkbaren Falle kommt eine Bewegung heraus, die auch nur die kleinste Nüancirung der Farbe zu bewirken im Stande wäre. Wenn daher wirklich eine Seite des Himmels mehr violete und die andere mehr rothe Sterne enthielte, so könnte die Ursache nicht in der Sonnenbewegung gesucht werden.

Sehen wir nun zu, wie es sich mit den übrigen in der Fixsternwelt vorkommenden Bewegungen verhalte.

p Ophiuchi, einer der am besten bekannten Doppelsterne, hat nach Krüger eine Parallaxe von 0"16, und eine Secunde jährlicher Bewegung entspricht demnach 129 Millionen Meilen, oder in einer Zeitsecunde 4 Meilen. Nun ist die Gesammtbewegung des Systems 1"108, also in der Secunde $4^1/_2$ Meile, die Bahnbewegung des Begleiters aber findet sich aus dem mittleren Abstand 4"5 und der Umlaufzeit von 92 Jahren zu jährlich 0"3, also $1^1/_8$ Meile in der Secunde. Die beiden Sterne aber sind roth und purpurviolet, mithin beträgt die hier gefundene Bewegung noch nicht den zehntausendsten Theil derjenigen, die zur Erklärung des Farbenunterschiedes nach obiger Annahme nothwendig wäre.

γ Delphini zeigt in seinen beiden Sternen zwei aufs Entschiedenste ausgeprägte Farben, nämlich Goldgelb und reines Smaragdgrün. Da die gemeinschaftliche Bewegung beider Sterne nicht in Betracht kommt, wo es sich um den Unterschied der Farbe handelt, so müsste man dem Begleiter, beziehungsweise zu seinem Hauptsterne, nach Obigem eine Geschwindigkeit zutheilen, deren mit dem Visionsradius zusammenfallende Componente 3030 Meilen pro Secunde beträgt.

Nun hat sich seit der ersten vor 80 Jahren ausgeführten Messung Herschel's weder im Abstande noch im Positionswinkel das Mindeste geändert, sondern ersterer ist = 21"; letzterer = 274°, heut wie damals, und wie in der ganzen Zwischenzeit. Wir wollen indess annehmen, dass eine Secunde Bewegung in 80 Jahren vielleicht unbemerkt geblieben sein könne, und multipliciren wir 3030 Meilen mit 80 × 31557600, so erhalten wir 7²/₃ Billionen Meilen, die einer Bogensecunde entsprechen sollen, was also auf eine Entfernung von 76.500 Millionen Sonnenweiten führt, und wozu eine Lichtzeit von 1,200.000 Jahren gehörte. Die Entfernung des Begleiters vom Hauptstern wäre 160 Billionen Meilen und für die Masse des letzteren fänden sich 150 Billionen Sonnenmassen.

Aber noch nicht genug! γ Delphini ist einer der Sterne, die seit Herschel ihre Farbe geändert haben sollen. Damals waren beide weiss, es müsste folglich der Begleiter, relativ zum Hauptstern, seit 80 Jahren seine Bewegung per Secunde um 3030 Meilen geändert haben.

Es bedarf wohl keines Beweises, dass Massen von dieser Grösse nicht existiren, und dass eine Behauptung, die zu solchen Annahmen nöthigt, nicht richtig sein könne. Die Farben von γ Delphini sind also nicht aus Bewegungen zu erklären.

α Centauri ist ein Doppelstern von bekannter Parallaxe, nach Maclear = 0"918; also 224.520 Sonnenweiten entfernt. Mittlere Entfernung 14"85; Umlaufszeit 79 Jahre. Seine jährliche Bahnbewegung ist also = 1"18 = 1·28 Sonnenweiten, was für 1 Zeitsecunde 0·8 Meilen ergibt. Die beiden Sternen gemeinschaftliche jährliche Eigenbewegung ist 3"599, für die Zeitsecunde 2¹/₂ Meile. Beide müssten also farblos sein, nun aber ist der eine hochgelb, der andere blassgelb.

Arcturus ist hochroth, er müsste folglich sich in jeder Secunde der Erde um 8312 Meilen nähern. Er war dies aber schon zu Hipparch's und Ptolemäus Zeiten, also seit 2000 Jahren = 63.115 Millionen Secunden, so dass er jetzt 550 Billionen Meilen uns näher stehen müsste als damals.

Nun führt seine Parallaxe = 0"135 auf 1½ Million Sonnenweiten oder 31 Billionen Meilen; sein damaliger Abstand wäre demnach 18mal grösser gewesen als jetzt, und gleichwohl gehörte er vor 2000 Jahren derselben Grössenclasse an — ein unlöslicher Widerspruch.

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass die stärkste aller bekannten Eigenbewegungen, die des sogenannten Argelander-schen Sternes (1831 Groombr.) einem weissen Fixsterne angehört. Sie beträgt 7" jährlich; seine Parallaxe ist unmessbar klein; setzen wir sie 0"1 (das ohngefähre Mittel zwischen O. Struve, Peters, Johnson und Wichmann), so erhalten wir 70 Sonnenweiten im Jahre, was 45 Meilen für die Zeitsecunde ergibt. Für Sirius wird beiläufig die Geschwindigkeit der Erdbewegung erhalten.

Wollte man bei Sternen, deren Parallaxe noch nicht bekannt ist, Bewegungen annehmen wie die, welche zur Erklärung ihrer Farben hinreicht, so müsste man sie in Entfernungen versetzen ähnlich denen, die wir bei γ Delphini fanden.

Bedingen aber die Sternfarben, die in den oben angeführten Beispielen vorkommen, eine andere Annahme ihres Ursprunges, so wird es am natürlichsten sein, sie auch bei den übrigen farbigen Sternen, einfachen wie doppelten, nicht auf Rechnung der Bewegung zu setzen, zumal der grössere Theil der veränderlichen Sterne sich gerade durch eine schwächere Eigenbewegung vor anderen Fixsternen auszeichnet.

Die Formeln, welche Herr Dr. Mach im XLI. Bande der Sitzungsberichte p. 543 ff. entwickelt, mögen auf anderem Wege praktisch geprüft werden: die Astronomie kann kein Prüfungsobject dazu bieten. Die Geschwindigkeiten, welche wir theils wirklich ermittelt haben, theils noch als möglich annehmen können, sind viel zu gering, um auch nur die schwächste Nüance einer Färbung hervorzubringen; und überdies handelt es sich gar nicht um Deutung geringer Spuren, sondern um Farben von grosser Intensität und den

allerverschiedensten Wellenlängen. Wir fügen beispielsweise die bekannten Doppelsterne γ Andromedae, ξ Bortis, γ Leonis, η Cassiopejae, ε Hydrae, ε Bootis, die ihrer grossen Helligkeit wegen am besten in der Dämmerung oder selbst am hellen Tage beobachtet werden, den obigen Beispielen hinzu: wer die Farben dieser Sterne nicht auf den ersten Blick erkennt, dessen Auge dürfte wohl überhaupt bei Beurtheilung von Farben incompetent sein. So lange es noch nicht gelungen war, Sternparallaxen mit genügender Sicherheit zu ermitteln, mochte es gestattet sein jede, auch die ungeheuerste Entfernung anzunehmen und demgemäss auch die Geschwindigkeiten zu jeder beliebigen Grösse anwachsen zu lassen. Seitdem jedoch das Senkblei des Astronomen in den Tiefen des Himmels Grund gefunden hat, kann eine solche schrankenlose Willkür nicht mehr geübt werden. Vielmehr führen alle Vergleichungen zu dem Schlusse, dass die Bewegungen in der Fixsternwelt nicht rascher, sondern durchschnittlich noch langsamer als die in unserem Sonnensystem vor sich gehen; und ganz entschieden zeigt sich dies bei den Bewegungen der Doppelsternbegleiter, die kaum mit denen der entfernteren Planeten eine Vergleichung aushalten.

Wenn es nun aber gewiss ist, dass die Sternfarben nicht von Bewegung herrühren, welche Ursache sollen wir ihnen dann zuschreiben? Es lassen sich sehr viele mögliche Veranlassungen gedenken; statt sie jedoch einzeln aufzuführen, möge eine allgemeinere Betrachtung hier ihre Stelle finden.

Die kosmischen Körper sind nicht Exemplare, gearbeitet nach gleichen Modellen; sie sind Individuen im strengsten Sinne des Wortes, und je tiefer wir forschen, desto unhaltbarer zeigt sich eine strenge Durchführung der Kategorien, an die unsere astronomische Terminologie uns gewöhnt hat. Wo, wie in unserem Planetensystem, Masse, Dichtigkeit, Oberflächengestaltung, Gasumhüllung, Begleitung — und wie vieles Andere noch — so wesentlich verschieden sind, wäre es geradezu unnatürlich, in Rücksicht der Farbe Übereinstimmung zu erwarten, wie sie sich denn auch in der That nicht zeigt. Und wesshalb sollten die Fixsterne mehr Übereinstimmung zeigen? Wir finden ihre Massen, ihre Leuchtkraft, ihre Gruppirung, die Veränderlichkeit ihres Glanzes (wo eine solche sich noch wahrnehmen lässt) überaus verschieden; wir finden nahe Sterne die den blos teleskopischen Glanzclassen angehören und andere hundertfach

entferntere, die als Sterne erster Grösse glänzen; wir finden isolirte Sterne, Hauptsterne und Begleiter — und nur allein die Farbe sollte gleich sein?

Man mag sich Vorgänge auf der Oberfläche oder der Gashülle, ähnlich denen, welche sich als Flecken- und Fackelbildung bei unserer Sonne zeigt, gedenken, um die Veränderung des Glanzes zu erklären. (Von einer Veränderung der Farbe liegen sehr wenig Beispiele vor, und kaum ein einziges ist völlig sicher.)

Die meisten und intensivsten Farben zeigen sich bei Doppelsternen, wo namentlich die schwächeren Begleiter sehr heller Hauptsterne fast immer Blau, Violet, Purpur, Aschgrau, oder die etwas helleren Grün zeigen, während Roth, Goldgelb, Weissgelb u. s. w. den Hauptsternen zukommen. Hier ist nicht zu übersehen, dass der Begleiter in den meisten Fällen zu seinem eigenen Lichte noch Licht von seinem Hauptsterne erborgt, und uns beides vereinigt zusendet. Dass dies die hauptsächlichste Ursache der eigenthümlichen Färbung der Begleiter sei, scheint daraus hervorzugehen, dass bei grossen Entfernungen des Begleiters sich diese Farben seltener, und fast gar nicht da zeigen, wo der Glanz beider Glieder des Doppelsternes nahezu gleich ist, wie in γ Arietis, γ Virginis, 61 Cygni; dagegen nie vermisst werden, wo die Distanz sehr gering und die Verschiedenheit des Glanzes sehr bedeutend ist, also in Fällen, wo das Quantitätsverhältniss des erborgten Lichtes zum eigenen das möglichst günstige für Farbenerzeugung ist.

Dies möge hier genügen. Eine sichere Entscheidung ist schon desshalb nicht möglich, weil zu viele Ursachen der Farbenerzeugung denkbar sind und unsere Beobachtungen uns zu wenig von der speciellen Beschaffenheit der Fixsterne und namentlich ihrer Oberfläche lehren können. Aber desshalb, weil eine definitive Entscheidung für eine einzelne der verschiedenen möglichen Ursachen noch unthunlich erscheint, zu einer unmöglichen seine Zuflucht zu nehmen, wird man keinem Astronomen zumuthen wollen.

Sopra l'olio della camomilla (M. Chamomilla).

Ricerche chimiche del **Dott. Giovanni Bizio.**

Dopo le indagini del Gerhardt sopra l'olio della camomilla romana (*Anthemis nobilis*), non era senza qualche importanza l'indagare eziandio la natura dell'olio volatile della camomilla comune, tanto più che il Gerhardt, dopo l'analisi instituitane dal Bornträger, ferma la sua attenzione sopra il fatto che la quantità del carbonio e dell'idrogeno si trovano nella stessa proporzione di 5 : 8 in ambedue gli olii, e ne trae da ciò il dubbio che possano tutti e due essere forniti della stessa chimica costituzione. Appoggiato dalla benevola amicizia del Prof. Redtenbacher, che mise a mia disposizione una notevole quantità di olio della matricaria camomilla di recente apparecchiato nel laboratorio del Dott. Lamatsch, io intrapresi sopra esso alcune ricerche coll'intendimento di determinarne la chimica natura. Prima di conseguire lo scopo prefissomi ui pero più volte condotto ad infruttuosi risultati; senonchè pensando come si trattasse di una sostanza ancor poco o nulla studiata, stimai non inutile l'esporre qui succintamente anche quelle indagini che riuscirono a vuoto, siccome quelle che servono nel loro insieme a far conoscere le principali proprietà di un prodotto non facile ad aversi in copia sufficiente a più ricerche, e che servono nello stesso tempo ad avvalorare indirettamente le deduzioni di quegli sperimenti che presentarono un risultato affermativo.

Io non premetterò le poche notizie che trovansi qua e là sparse intorno a questo corpo [1]; ma ricorderò bensì i dati analitici con-

---

[1]) Hasse, Crell. Ann. 1785. I. 422, e 1786. II. 36. — B. Bizio. Giorn. del Brugnatelli. 1826. IX. 360. — Zeller. Repert. 1827, XXV. 467, e Stud. über äther. Öle.

seguiti dal Bornträger, per quella differenza ch' ebbi ad incontrare tra essi e le mie sperienze.

Il Bornträger institui quattro analisi dell' olio che, durante quattordici giorni, era rimasto a contatto del cloruro di calcio fuso, e da queste n' ebbe i dati che seguono:

	I	II	III	IV
Carbonio	79·85	79·81	79·56	78·26
Idrogeno	10·60	10·69	10·83	
Ossigeno	9·55	9·50	9·60	

Le analisi III e IV furono fatte coll' olio sottoposto da solo alla distillazione. Il prodotto No. III era costituito dalla parte che fu la prima ad essere raccolta, ed il prodotto No. 4 dalla parte ultima. Nella storta rimase una sostanza bruna, resiniforme.

Facendomi io adesso ad intraprendere qualche indagine sopra quest' olio, non volli ommettere di verificare innanzi tratto alcuna di quelle sue qualità che da altri furono già prima notate, e tra queste il grado del suo rappigliamento, il quale risultò a me di gran lunga differente da quello ammesso da altri autori, le cui stesse osservazioni sono però ben lontane dal presentare il menomo accordo. Alcuno infatti lo ebbe solido a —6°; altri il vidde in questo stato solo tra i — 10° e —12°; ed altri tosto sotto il punto dello zero. In iterate pruove sopra l'olio da me esaminato, si mantenne invece fluido sino a —20°, e soltanto si rappigliò, oltrepassato ch' ebbe questo termine.

A' contatto dell' acido nitrico diluito l'olio di camomilla perde la sua bella tinta azzurra, e si fa verde. L' acido cloridrico diluito esercita la stessa azione; e l'acido solforico concentrato lo tinge in un giallo rossiccio cupo.

Sotto l' influenza del cloro perde del tutto il suo colore, e si tramuta in una materia densa bianco-giallastra. La soluzione alcoolica dell'olio, fatta attraversare da una corrente d'idrogeno solforato, mantenne inalterata la tinta, la quale non fu mutata nè anche dall'azione dell' idrogeno nascente.

Landau. 1850. — Zenneck. Repert. XXXIX. 215. — Böhm. Chem. Centr. Blatt. 1832. 240. — Martius. Repert. XXXIX. 234. — Steer. Chem. Centr. Blatt. 1838. 191. — Bornträger. Ann. der Chem. und Pharm. 1844. XLIX. 243.

Trattato coll'iodio, dà grande innalzamento di temperatura, si addensa e diviene rosso bruno. Anche dopo lungo tempo di contatto, non trovai ch'esso si rappigli in una massa solida e friabile, come fu asserito dallo Zeller.

Il bromo vi esercita un azione molto più energica. Le prime porzioni di esso, nel venire a contatto dell'olio, producono altrettante piccole esplosioni, con isviluppo di calore e di densi vapori di acido bromidrico. L'olio, terminata la reazione, è tramutato in una massa bruna, tenace ed elastica, la quale, depurata dall'acido bromidrico mediante lavature con acqua bollente, è insolubile nell'alcoole, e solubile in parte nell'etere, che lascia indisciolta una sostanza polverosa, amorfa, bruno-verdiccia. Dalla soluzione eterea evaporata non ottenni che una materia tenace bruno-rossigna, di aspetto bituminoso.

A verificare la sua composizione elementare, precedentemente stabilita dal Borntrâger, disseccai dapprima l'olio per mezzo del cloruro di calcio fuso, e lo introdussi poscia per l'analisi in tubetti a doppia bolla, in una delle quali era dianzi collocato un pezzettino di clorato di potassa fuso. La combustione fu operata coll' ossido di rame, e compiuta da ultimo mediante una corrente di ossigeno. Se n'ebbero da essa i risultati che seguono:

I. 0 gr., 266 di sostanza diedero: 0·8015 di acido carbonico e 0·2732 di acqua.

II. 0 gr., 245 di sostanza diedero: 0·7375 di acido carbonico e 0·2526 di acqua.

III. 0 gr., 1985 di sostanza diedero: 0·5980 di acido carbonico e 0·2043 di acqua.

E perciò in centesimi:

	I	II	III
Carbonio	82·18	82·10	82·16
Idrogeno	11·41	11·45	11·44
Ossigeno	—	—	—

Instituita così l'analisi dell'olio quale è originariamente ottenuto dalla distillazione dei fiori della camomilla, ne sottoposi poi una parte a distillare da solo, dopo averlo prima disseccato col cloruro di calcio. Alla temperatura di + 220° cominciarono a condensarsi nel collo della storta alcune minute goccioline scolorite, la cui quantità

era si esigua da non poterne raccogliere neppure una goccia, prima che non giugnesse a condensarsi anche l'olio azzurro. La ebullizione incominciò ai gradi 240°, e la temperatura andò senza interruzione crescendo sino a' gradi 300, al qual termine l' olio si decompone. Il prodotto della distillazione era adunque raccolto tra i gradi 220 ed i 300, e consisteva in un olio nel quale l'aroma, di cui è naturalmente fornito, trovavasi alterato da un po' di odore empireumatico, e la vivacità della tinta azzurra era mutata in un ceruleo verdiccio. Nella storta rimase abbondante copia di materia resinosa.

Sottoposto all'analisi nel modo già accennato per le prime combustioni, ebbi i dati seguenti:

0 gr., 3735 di sostanza diedero: 1·0995 di acido carbonico e 0·3715 di acqua.

Per cui in centesimi:

Carbonio . . .	80·28
Idrogeno . . .	11·08
Ossigeno . . .	—

Fattomi il dì appresso ad instituire una seconda analisi, rinvenni che l'olio, chiuso dal giorno innanzi in una provetta, presentava una tinta del tutto verde, la quale si limitava però al solo strato superiore giacchè la piccola porzione introdotta nel tubetto a bolla, l'apertura del quale arrivava sino al fondo della provetta, possedeva il vivo colore azzurro, proprio a quest'olio nel suo stato ordinario.

L'analisi somministrò i risultati che seguono:

0 gr., 1270 di sostanza diedero: 0·3835 di acido carbonico e 0·1335 di acqua.

Quindi in centesimi:

Carbonio . .	82·35
Idrogeno . .	11·68
Ossigeno . .	—

Ne veniva adunque che, mediante la distillazione da solo, esso era modificato così, da dividersi col riposo in due strati, il più leggiero de' quali presentava una composizione differente da quella dell' olio originario, mentre l'inferiore non manifestava tale divario di composizione.

Il fatto che, durante la predetta distillazione, la temperatura era continuamente salita, senza mantenersi costante in alcun punto, non

mi prestava fiducia che, mediante una distillazione frazionata, si potessero conseguire risultati soddisfacenti, di separarlo cioè in que' differenti prodotti, dei quali per avventura fosse esso costituito. Tuttavia, per non ommettere questa pruova, spinsi alla distillazione in un atmosfera di acido carbonico, l'olio che già innanzi avea da solo distillato; e siccome dal grado della temperatura non potea trarre indizio di sorta in raccogliere i varii prodotti, mi attenni al differente aspetto che la sostanza distillata assumeva nei varii tempi della distillazione. I prodotti raccolti, secondo l' ordine col quale si ottennero, furono i seguenti:

a) Un liquido il quale si manifestava scorrevole quanto l' acqua, e perciò di una densità di gran lunga inferiore a quella dell' olio di camomilla naturale, e tinto soltanto in un leggiero azzurriccio,

b) Un liquido azzurro intenso, la cui densità era però ancor inferiore a quella dell' olio naturale.

c) Un liquido che nella vivacità della tinta azzurra, come nel grado della densità, sorpassava l' olio naturale.

d) Una materia verde di densità più che sciropposa, e che col raffreddamento si rappiglia così da poter capovolgere il recipiente in cui è contenuta, senza che scorra lungo le pareti di esso.

Ciascuno di questi singoli prodotti, sottoposto all' analisi elementare, mi presentò i seguenti risultati:

a) 0 gr., 1295 di sostanza diedero: 0·3850 di acido carbonico e 0·1355 di acqua.

b) 0 gr., 2555 di sostanza diedero: 0·7545 di acido carbonico e 0·2510 di acqua.

c) 0 gr., 2720 di sostanza diedero: 0·7820 di acido carbonico e 0·2618 di acqua.

d) 0 gr., 1175 di sostanza diedero: 0·3595 di acido carbonico e 0·1240 di acqua.

E quindi in centesimi:

	a	*b*	*c*	*d*
Carbonio	81·08	80·54	78·41	83·44
Idrogeno	11·58	10·92	10·69	11·72
Ossigeno	—	—	—	—

Queste cifre manifestano chiaramente come per tal via non si potesse riuscire ad alcun positivo risultato.

Tentai allora sopra l'olio originario, previamente disseccato con cloruro di calcio, l'azione di una soluzione concentrata di solfito acido di potassa; ma questo non vi separò materia alcuna.

Veduta la nessuna azione di questo sale, passai ad indagare ciò che ne avvennisse per mezzo dell'ammoniaca. A tale oggetto, per togliere all'olio di camomilla quella soverchia densità della quale è fornito, il sciolsi in etere saturo di gas ammoniaco, e circondato il recipiente con ghiaccio, il feci poi lungamente attraversare da una corrente di gas ammoniaco secco. Sotto l'azione di questo gas si separarono alcune laminette cristalline splendenti, le quali raccolte sopra un feltro, e lavate con etere saturo di ammoniaca, aderivano al feltro in un sottile strato bianco di lucentezza madreperlacea. La quantità loro è però così piccola che, avendo ripetuto l'indagine sopra grammi trenta incirca di olio, non n'ebbi in quantità sufficiente a potere instituire un'analisi.

La predetta materia cristallina è insolubile nell'acqua, e nell'etere saturo di gas ammoniaco; si scioglie invece nell'etere puro e nell'alcoole. Fonde ad una temperatura inferiore al punto di ebullizione dell'acqua. Brucia con fiamma gialla. Trattata con soluzione di potassa, sviluppa vapori ammoniacali. Riscaldata con acido cloridrico diluito, abbandona ad esso l'ammoniaca, e si rappiglia col raffreddamento in una massa bianca, pellucida, di tessitura cristallina.

L'olio, dal quale fu separata la predetta sostanza, depurato mediante distillazione dall'etere e dall'ammoniaca, mantiene inalterate non solo le sue qualità fisiche, ma non manifesta nè anche sensibile divario nella stessa sua composizione elementare; il che dimostra quanto sia esigua la quantità della materia che sotto tal forma fu da esso separata, e quindi del tutto accessoria nella composizione del medesimo.

Infatti 0 gr., 2730 del predetto olio depurato e disseccato, sottoposto all'analisi, diede 0 gr., 8260 di acido carbonico, e 0 gr., 2805 di acqua.

Cioè in centesimi:

Carbonio . .	82·52
Idrogeno . .	11·42
Ossigeno . .	—

Non potendo adunque neppure per mezzo dell'ammoniaca averne un lume maggiore, appoggiato all'esempio delle combinazioni che

si possono conseguire da alcune essenze o da parte di esse coll'acido cloridrico, volli tentare questa via. Una certa quantità adunque di olio, disseccato come al solito con cloruro di calcio, fu fatto attraversare da una corrente di gas acido cloridrico secco in recipiente circondato di ghiaccio. Alla prima azione dell'acido l'olio si riscalda, e veduto per trasparenza in istrato sottile, si manifesta verde cupo; assume poi una tinta cerulea intensa, che si fa sempre più carica, finchè imbrunisce da ultimo e si addensa così che aderisce in parte intorno al tubo di svolgimento del gas a modo di denso catrame.

La materia così ottenuta, fu dapprima lavata semplicemente con acqua distillata, la quale si tinge in un denso colore azzurro-violaceo, mentre rimane indisciolta una materia verdastra, oleoso-bituminosa.

Le acque di lavacro, così colorate, perdono del tutto la tinta quando vengano neutralizzate con un alcali, e depongono nello stesso tempo alcuni fiocchi di una sostanza amorfa, giallo-ranciata. Nelle tenebre mantengono inalterato il loro colore azzurro-violaceo; ma esposte alla luce si fanno dapprima rosse, ed affievoliscono poi a poco a poco nella intensità di questa nuova tinta, finchè essa sparisce del tutto con precipitazione dei predetti fiocchi giallo-ranciati.

In quanto poi alla materia oleosa, sopra la quale era da fermare l'attenzione, veduta la difficoltà di poterla liberare dall' eccesso dell' acido mediante semplici lavature, la trattai con etere che lasciò indisciolta poca materia carboniosa. Scacciato poscia l'etere, neutralizzai l'acido con carbonato di soda, e sottoposi la sostanza oleosa alla distillazione in un atmosfera di acido carbonico. Si ottenne in tal maniera un liquido giallastro, mentre rimase nella storta una materia resinosa nera.

Disseccato il prodotto della distillazione in una corrente di acido carbonico secco, mi diede all' analisi i risultati che seguono:

I. 0 gr., 2100 di sostanza diedero: 0·6200 di acido carbonico, e 0·2190 di acqua.

II. 0 gr., 6455 di sostanza somministrarono: 0·0315 di cloruro d'argento.

III. 0 gr., 2115 di sostanza diedero: 0·6250 di acido carbonico, e 0·2225 di acqua.

E perciò in centesimi:

	I	II	III
Carbonio	80·52	—	80·59
Idrogeno	11·59	—	11·69
Cloro	—	1·21	—
Ossigeno	—	—	—

Questi dati dimostrano per sè soli come la piccola quantità del cloro contenuto in un tal prodotto non rappresenti una determinata combinazione, e come anche questa via non prestasse migliori risultati delle altre precedentemente tentate.

Se quest' olio dimostravasi in tal modo non facile a lasciarsi attaccare dagli agenti chimici, poteasi avere ancora fondamento ad una miglior riuscita nell' azione della potassa. A tale scopo fu iteratamente fatto gocciolare l' olio nella potassa mantenuta fusa ad un calore tale ch' esso avesse a distillare. Quale prodotto di questa iterata distillazione sulla potassa si ottenne un olio che manteneva inalterata la tinta azzurra, e che solo avea acquistato minore densità, e tramutato poi del tutto il suo particolare aroma in quello preciso della menta piperita. Nella storta rimase un abbondante materia bituminosa, ed in combinazione colla potassa non si poterono notare che tracce di acido valerianico.

Il prodotto della distillazione, particolarmente a contatto del cloruro di calcio, perde ben presto la tinta azzurra ed assume un colore verde oliva chiaro, che si fa poi sempre più cupo [1]). Quello, già disseccato col predetto cloruro e chiuso nelle bolle per l' analisi manteneva inalterata la tinta, anche quando l' altro l' avea già del tutto tramutata. I risultati conseguiti dall' analisi sono i seguenti:

I. 0 gr., 5410 di sostanza diedero: 1·6475 di acido carbonico, e 0·5800 di acqua.

---

[1]) Lo stesso olio naturale, a contatto dei varii agenti chimici, assume quasi sempre un colore verde. D' altra parte è noto come l' olio di camomilla, sotto la sola influenza dell' aria e della luce, si faccia verde col tempo, e poscia anche bruno. Nella serie di questi miei studii ebbi più volte a notare che alcune sostanze, le quali per sè stesse non esercitano azione alcuna sull' olio, come sarebbe per esempio il cloruro di calcio, accelerano però questo cangiamento di colore.

Dell' olio naturale che a contatto del cloruro di calcio era divenuto perfettamente verde, sottoposto all' analisi, mi presentò la seguente composizione centesimale:

Carbonio . . .	80·59
Idrogeno . . .	11·75
Ossigeno . . .	—

II. 0 gr., 5080 di sostanza diedero: 1·5485 di acido carbonico e 0·5460 di acqua.

Per cui in centesimi:

	I	II
Carbonio . .	83·05	83·13
Idrogeno . .	11·91	11·94
Ossigeno . .	—	—

Dalla resistenza, come vediamo, alla stessa energica azione della potassa fusa, e dalle altre sperienze precedentemente riferite, se ne potea trarre adunque la ferma illazione che, nè esistesse in esso un aldeide, nè fosse composto di due distinti, differenti prodotti, l'uno de'quali ossigenato, e non ossigenato l'altro. Per cui pensando come alcuni fra gli olii essenziali ossigenati, la cui formola empirica rappresenta più un miscuglio che un determinato individuo, non appartengano infine che alla numerosa serie dei carburi d'idrogeno isomeri al canfene, una parte dei quali trovasi nella costituzione dei predetti olii allo stato d'idratazione, volli tentare anche una sperienza diretta a questo solo intendimento, avvegnachè i risultati anteriormente avuti dall'azione dell'acido cloridrico non appoggiassero gran fatto una tale idea. A questo fine, disseccato previamente l'olio col cloruro di calcio, il spinsi alla distillazione con acido fosforico anidro. Ne ottenni con ciò un liquido tinto lievemente in gialliccio, che distillai una seconda volta sopra l'acido fosforico, e che rettificai appresso con iterate distillazioni da solo a bagno d'olio. Ebbi in tal modo un liquido quasi scolorito, di odore acuto, analogo a quello del petroleo, il quale sottoposto all'analisi, mi diede i seguenti risultati:

I. 0 gr., 3082 di sostanza diedero; 0·9995 di acido carbonico e 0·3200 di acqua.

II. 0 gr., 2705 di sostanza diedero: 0·8775 di acido carbonico e 0·2820 di acqua.

Da cui se ne ha per la composizione centesimale:

	Sperienza		Teoria	
	I	II		
Carbonio . . .	88·45	88·47	C_{10} . . .	88·24
Idrogeno . . .	11·54	11·58	H_{16} . . .	11·76
	99·99	100·05		100·00

Questi numeri si accordano adunque esattamente colla formola $C_{10}H_{16}$, dalla quale viene dimostrato che l'olio della camomilla comune appartiene alla famiglia dei canfeni, con una determinata

quantità di acqua d'idratazione che gli può essere tolta per mezzo dell'acido fosforico anidro. La sua composizione può adunque essere rappresentata in centesimi:

	Sperienza	Teoria	
Carbonio . . .	82·16	C_{50} . . .	81·74
Idrogeno . . .	11·43	H_{86} . . .	11·72
Ossigeno . . .	—	O_3 . . .	6·54
			100·00

E da ciò la formola $5C_{10}H_{16}, 3H_2O$ e precisamente $2(C_{10}H_{16}) + 3(C_{10}H_{16}, H_2O)$.

In tal modo rimane dichiarata la differenza che, sotto il rapporto della chimica costituzione, esiste fra l'olio della camomilla romana investigato dal Gerhardt e quello della camomilla comune; e resta inoltre dimostrato non potersi attribuire a quest' ultimo la composizione della canfora comune, come hanno pensato il Pelouze ed il Fremy, avvegnachè i dati stessi dell'analisi del Bornträger non conducessero, a dire il vero, con tutta esattezza ad una tale illazione.

Conseguito un tale risultato, riusciva singolare che dall' azione dell' acido cloridrico sopra l' olio della camomilla io non avessi ottenuto quell' effetto che immancabilmente è dàto da questa serie di composti; per cui, prima di chiudere le presenti indagini, volli anche sperimentare l' azione dell'acido predetto direttamente sopra il carburo d'idrogeno avuto dalla distillazione dell' olio coll'acido fosforico È inutile il notare che il gas acido cloridrico era perfettamente secco, che la sua corrente fu lungamente mantenuta attraverso il carburo e che il recipiente, in cui quest' ultimo era contenuto si trovava debitamente raffreddato. Sotto l'azione del gas acido cloridrico non si separò materia cristallina di sorta alcuna, quantunque abbandonato poi il liquido per oltre una giornata ad una temperatura di alcuni gradi sotto lo zero. Scorso questo tempo, gli fu tolto l'eccesso dell' acido mediante semplici lavature con acqua, e per allontanare il dubbio di una decomposizione operata dal calore, la quale avea potuto forse aver luogo nell' esperimento già riferito sopra l' olio naturale, invece che sottoporlo alla distillazione, fu semplicemente disseccato col cloruro di calcio. Il suo aspetto ed il suo odore non presentarono dopo un tale trattamento differenza alcuna.

All' analisi somministrò i risultati che seguono:

0 gr., 3952 di sostanza diedero: 1·2190 di acido carbonico, e 0·3895 di acqua.

Quindi in centesimi:

Carbonio	. .	84·12
Idrogeno	. .	10·95
Cloro	. . .	—

La piccola quantità di acido cloridrico in tal modo entrato nel composto, con eccezione alla regola generale dei canfeni mi fece sorgere, quantunque non molto verosimile, il dubbio che alle volte la combinazione formatasi venisse in parte decomposta dalla presenza dell' acqua. Iterai adunque la pruova sopra un altra parte di carburo, al quale tolsi poi tutto l'acido eccedente per mezzo del solo carbonato di calce secco, senza ricorrere a lavatura alcuna. Il prodotto assoggettato all'analisi mi diede i dati seguenti:

0 gr., 3612 di sostanza diedero: 1·1175 di acido carbonico, e 0·3560 di acqua.

In centesimi:

Carbonio	. .	84·38
Idrogeno	. .	10·95
Cloro	. . .	—

La concordanza dei due saggi dimostrava dunque non potersi realmente conseguire una maggior copia di acido cloridrico in combinazione, il quale poi si presentava nella stessa quantità in ambedue i casi, e tale che la sua proporzione nella sostanza analizzata sarebbe rappresentata da $5\text{Ɵ}_{10}H_{16} + HCl$. È chiaro che questa non è la espressione di un composto, e che come tale non intendo qui accennarla, ma dietro un tale riscontro, non sarebbe egli possibile che il liquido analizzato, anzichè essere costituito da un carburo unico, fosse un miscuglio di più carburi polimeri? Questo non sarebbe il primo esempio in tal fatta di prodotti; nè mi troverei lontano dall'ammetterlo, quando prendo a considerare il modo col quale il canfene avuto dall' olio della camomilla procede nella sua distillazione, nella quale la temperatura s'innalza continuamente, senza un termine nel quale si mantenga costante. In tal caso una parte dei carburi in esso contenuti potrebbe essere indifferente all' azione dell' acido cloridrico, ed il prodotto analizzato essere costituito da $\text{Ɵ}_{10}H_{16}$, $HCl + 4\text{Ɵ}_{10}H_{16}$. Forse un saggio tentato sopra una grande quantità di canfene ottenuto dall' olio della camomilla potrebbe, mediante una distillazione frazionata, confermare la realtà di questo dubbio.

E qui, chiudendo la relazione delle mie ricerche, mi sia permesso di chiamare l'attenzione sopra un fatto reso da esse manifesto, la identità di composizione cioè dell' olio della camomilla comune coll' essenza di zenzero (*Zingiber officinale* Rosc.) analizzata dal Papousek [1]), e collo stearopteno contenuto nell' olio volatile del ramerino selvatico (*Ledum palustre* L.) analizzato dal Buchner [2]). Quest' ultimo chimico ebbe infatti dalla sua analisi:

	Sperienza	Teoria	
Carbonio . . .	81·25	C_{50} . . .	81·74
Idrogeno . . .	12·28	H_{86} . . .	11·71
Ossigeno . . .	—	O_{3} . . .	6·55
			100·00

Da cui ne trae la formola $5C_{10}H_{16}$, $3H_2O$, ch'è precisamente quella da me dedotta per l'essenza della camomilla comune.

In quanto alla composizione dell' olio di zenzero, essa è ne modo seguente rappresentata dal Papousek:

	Sperienza	Teoria	
Carbonio . . .	81·03	C_{80} . . .	81·49
Idrogeno . . .	11·58	H_{138} . .	11·72
Ossigeno . . .	—	O_{5} . . .	6·79
			100·00

La formola da lui dedotta è adunque $8C_{10}H_{16}$, $5H_2O$, senza ch'esista motivo alcuno dal quale fosse condotto a renderla così complicata, mentre l' espressione più semplice delle cifre da esso stesso conseguite sta nella formola $5C_{10}H_{16}$, $3H_2O$.

Se la natura pertanto, con quella semplicità di magistero della quale ci porge sì sovente gli esempi più luminosi, seppe riunire la stessa elementare composizione in prodotti che sì differiscono nelle loro qualità, e che nella loro origine appartengono a famiglie naturali di piante così diverse, non è anche a meravigliare ch' essa abbia saputo per l' olio della camomilla trarre dalla sua tavolozza una tinta sì vaga e vivace, della quale non potremmo certo renderci ragione dietro l'analisi instituita, e che persisterebbe ben facilmente a rimanere un segreto, quand' anche ci accingessimo ad appositi cimenti per isvelarlo.

[1]) Sitzungsbericht der Wiener Akad. 1852. IX. 315; Gerhardt Chim. org. III. 637.

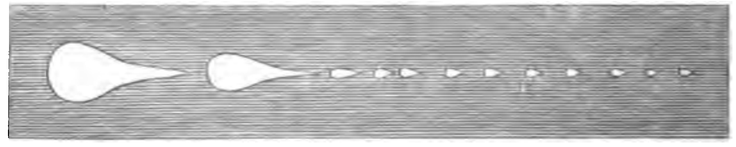
[2]) Chem. Centr. Blatt. 1856. 400; Institut. 1857. 82.

1. *Das Doppelmeteor von Elmira und Long Island.*

Von dem w. M. W. **Haidinger.**

Ich habe die Ehre der hochverehrten Classe eine in Farben ausgeführte Skizze des merkwürdigen Feuer-Meteors vorzulegen, welches am 20. Juli 1860 um 9³/₄ Uhr Abends in Nordamerika auf eine Erstreckung von 1000 englischen Meilen der Länge nach und etwa 800 nach der Quere der Richtung des Meteors beobachtet worden ist. Die Zeichnung ist von einem Augenzeugen, Herrn Stephen Walkly jun., in Plantsville in Connecticut, 20 englische Meilen von New-Haven aufgenommen. Es sind ganz eigenthümlicher Weise zwei hinter einander ziehende hellgelbe Kugeln mit einem kegelförmigen Schweife von in's Rothe verlaufenden Farben, gefolgt von

Fig. 1.

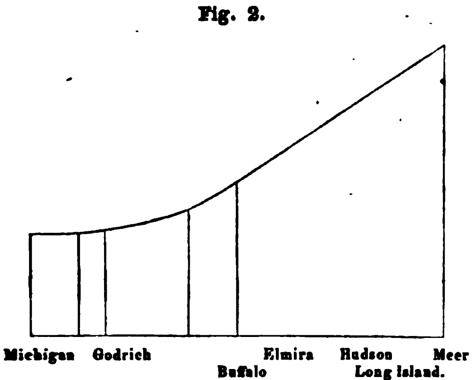


Elmira und Long Island.

einer Anzahl von vielen kleinen Lichtpunkten, wie in der hier vorliegenden Skizze. Herrn Prof. Sillimann, welchem ich die Skizze verdanke, schien jede der etwa den Durchmesser des Vollmondes besitzende Kugeln mit einer smaragdgrünen Lichthülle eingefasst. Das Meteor zog etwa von N 62° W gegen S 62° O, senkrecht etwa über den nördlichen Theil des Michigansees über Godrich am Huronsee, Buffalo, Elmira, den Hudson und quer durch Long Island in den atlantischen Ocean, mit respectiven Höhen von 120, 85, 51, 44, 42 englischen Meilen, welches durch sehr viele möglichst genaue Beobachtungen sorgsam ermittelt wurde. Die Zeit

zwischen 12 und 20, im Durchschnitt 15 — 16 Secunden. Das Meteor war einfach — Eine Kugel — diese selbst theilweise verlängert, bis oberhalb Elmira, wo es sich theilte und dann gedoppelt fortzog. Herr Rev. T. K. Beecher sah die Theilung explosionartig vor sich gehen. Bereits in früher angestellten Betrachtungen hatte ich zu erläutern versucht, wie sich die für die Beobachtung wirklich runde, höchstens in der Richtung des Zuges verlängerte und mit einem Schweife versehene Gestalt durch die Zusammendrückung der Luft darstellen lasse, während über Elmira wohl nicht eine eigentliche Explosion, ähnlich der des Schiesspulvers stattfand, sondern ein anderer Vorgang in Verbindung oft mit einer Schall-Erscheinung, ähnlich dem Abbrennen von Knall-Luft-Seifenblasen. Die Bahn hat ihre grösste Beugung über Elmira, wie dies aus Fig. 2 erhellet, wo die Höhen nach der Angabe eingetragen sind, und die Meteore dürften wahrscheinlich wieder aus der Erdatmosphäre in den Raum hinausgetreten sein. Durchmesser geschätzt auf etwa $^1/_5$ — $^1/_3$ Meile (1056 bis 1760 Fuss) Entfernung der beiden leuchtenden Körper von einander 1 — 3 Meilen (5280 bis 15.840 Fuss).

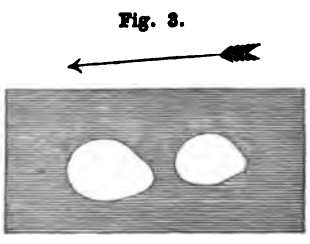
Fig. 2.



Feuermeteore, welche Analogie mit dem hier erwähnten von Herrn Prof. C. S. Lyman in Sillimann's Journal beschriebenen besitzen, sind wohl sehr selten, und noch weniger sind so genaue Nachrichten über dieselben vorhanden, wie in dem gegenwärtigen Falle, und wir dürfen noch mehreren Mittheilungen in einer ausführlichen Arbeit von Herrn Prof. H. A. Newton entgegensehen. Ich freue mich indessen hier eine neue Angabe eines solchen mittheilen zu können, welche ich der Aufmerksamkeit eines unserer hochverehrten jüngeren Freunde, Herrn Dr. Gustav Tschermak, verdanke, der das Meteor selbst gesehen und den Eindruck lebhaft bewahrt hat, so dass wenn auch mehrere einzelne Zahlen fehlen, doch das Ganze in die Verzeichnisse mit Dank aufgenommen werden darf. Während

eines Spazierganges an einem späten Augustabende des Jahres 1848 oder 1849 auf der vor der Stadt Littau (NW von Olmütz) in Mähren südwärts leitenden Strasse erblickte er unmittelbar nach Sonnenuntergang, also etwa um 7½ Uhr zwei hinter einander ziehende Feuerkugeln oder vielmehr deutlich birnförmige Meteore von hellstem Glanze in dem noch von der Sonne hell erleuchteten klaren Abendhimmel, die erstere etwas grösser als die zweite, und etwa von dreifacher Mondgrösse (der Fläche nach). Er erblickte sie ungefähr in WSW, und sie zogen bis SW, wo sie hinter dem Dache eines kleinen Hauses der Vorstadt verschwanden, in einer etwas gegen den Horizont geneigten Bahn, etwa 11° im WSW bis 5° im SW Höhenwinkel über dem Horizont. Nebenstehend ist die aus dem Gedächtnisse aus der gegenwärtigen Veranlassung wieder hergestellte Erscheinung.

Fig. 3.



Littau.

Ein Schallphänomen war nicht mit derselben verbunden, aber die Erscheinung selbst machte einen tiefen Eindruck auf die Bewohner, deren mehrere Zeugen gewesen waren. So weit das Gedächtniss gestattet, wird die Zeit der Dauer auf etwa 15 Secunden geschätzt.

Mit einigen wenigen Worten darf hier wohl auch aus Chladni's classischem Werke „über Feuermeteore" 1819 einiger Berichte gedacht werden, welche sich hier anschliessen. Vor 1800 sind nur zwei noch dazu wenig genaue Nachrichten, eine von fünf Feuerkugeln (Seite 100), welche 1642, einige Tage nach dem 30. November, nach anderen Nachrichten am 12. December zwischen Gran und Ofen niedergefallen sein sollen, und eine aus den *Mémoires des Duc de Guise (2. Ed. Paris 1668, 8. p. 323)*, welcher am 8. Jänner 1648 eine Feuerkugel sich in drei theilen und dann wieder vereinigen sah (Seite 141).

Die zwei kleinen Feuerkugeln (Seite 140), etwa von der doppelten Grösse der Venus, welche, eine etwa 5 Minuten später als die andere 1800 in der Mitte des August, 9 Uhr Abends bei Halle gesehen wurden, in der Richtung gegen SW ziehend, gehören eigentlich nicht hieher, denn fünf Minuten Zeitunterschied entsprechen nur in der Erdbahn schon einem Ortsunterschiede von 1200 Meilen,

Näher schliesst sich die Erscheinung von 1804, 15. April 9¾ Uhr Abends an, wo in der Gegend von Neufchatel einer von S nach N ein wenig abwärts ziehenden Feuerkugel Lichtpunkte folgten (Seite 143).

Auch 1815, 16. September Abends nach 9 Uhr sah man in Göttingen einer Feuerkugel acht bis zehn kleinere in einer Richtung folgen (Seite 158).

Grössere Ähnlichkeit hat das glänzende Feuermeteor vom 17. Juli 1818, Abends zwischen 9 und 10 Uhr, gesehen in Nordamerika, bei Montpellier, Vermont: „Es erschien gross wie der Vollmond, birnförmig, das breitere Ende nach der Erde gekehrt. Es hatte das Ansehen eines soliden Körpers. Unmittelbar darauf folgten zwei kleinere Feuerkugeln“ (Seite 165). Journal of Science XI.

Arago gibt in seinem Verzeichnisse (Populäre Astronomie, herausgegeben von Dr. W. G. Hankel, 1859, IV. Band S. 219) eine Erscheinung aus dem Jahre 1846, 21. Februar „Feuerkugel zu Collioure“ (Dep. Ostpyrenäen), bestehend aus zwei grossen leuchtenden Bällen, die sich fast zu berühren schienen und in der Richtung von NO nach SW ihren Lauf nahmen (Comptes Rendus, Bd. 22).

Ferner (Seite 224) am 12. August 1850, nach Coulvier Gravier ein Meteor aus kleinen Kugeln bestehend.

---

2. *Der Meteorsteinfall von Parnallee bei Madura in Hindustan.*

Von dem w. M. W. Haidinger.

Eine Mittheilung von Herrn Professor Sillimann veranlasst mich über einen Meteorsteinfall zu berichten, welcher am 28. Februar 1857 um die Mittagszeit bei dem Dorfe Parnallee, südlich von Madura in der Südspitze von Hindustan stattgefunden hat. Herr Sillimann theilte mir nämlich mit, dass der Meteorstein, in Western Reserve College in Hudson, Ohio, von Herrn Dr. Cassels von Choktaws, Ohio analysirt nur 3 Percent metallisches Eisen und dabei 17 Percent Nickel gegeben habe. Er erwartet ein Bruchstück und beabsichtigt dann auch einen Theil desselben zu übersenden. Über diesen selben Meteorsteinfall nun war es mir selbst möglich,

als Antwort mehrere Mittheilungen zu machen, welche Herrn Sillimann noch nicht bekannt waren. Schon im Sommer 1858 las ich den vortrefflichen Bericht des Chefs der amerikanischen Mission in Madura, Herrn H. S. Taylor, über den Meteoritenfall selbst, von zwei gewaltigen Steinen, einem von 37 Pfund und einem wohl viermal so schweren in den *Transactions of the Geographical Society of Bombay* für 1857. Eine Notiz war auch im *„Athenäum“* (wahrscheinlich dem Madras-Athenäum) enthalten. Im Jahre 1859 erst, als unsere Arbeiten für Vermehrung der Meteoriten-Sammlung des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes begannen, schrieb ich an Herrn Dr. George Buist, Secretär der Gesellschaft und Herausgeber der *„Bombay Times“*. Aber Buist war eben in der Übersiedlung nach Allahabad begriffen und konnte nicht mehr vermittelnd eintreten. So wandte ich mich an Herrn Taylor selbst, so wie nach Madras. Es zeigte sich nun, dass der grössere Stein nach dem Madras-Museum geliefert wurde, der von 37 Pfund aber, den er wieder zurück erhielt, nach Hudson in Amerika gesandt worden war. Herr Taylor gab noch freundlichst die Adresse des Herrn Professors Ch. A. Young, an welchen ich mich sodann wandte, und der uns nun auch bereits vor etwa 14 Tagen ein schönes Bruchstück dieses Parnallee-Meteoriten freundlichst zugesagt hat, welches ich seiner Zeit vorzuzeigen mir die Ehre geben werde. Ich würde auch mit der Mittheilung über den Fall selbst bis dahin verzogen haben, da noch in keinem europäischen wissenschaftlichen Werke sich Berichte gefunden hatten.

Nach Herrn H. S. Taylor's Bericht fielen die beiden Steine ein wenig südöstlich von dem Dorfe Parnallee, unter dem 9° 14′ n. B. und 78° 21′ ö. L. Greenw. nach der „Government Map“. Der grössere fiel einige wenige Secunden vor dem kleineren, und zwei bis drei Meilen nördlich von demselben. Nach der Richtung des Loches, welches sie beim Herabfallen in die Erde schlugen, kamen sie aus etwa N 10° W, mit einer Neigung von 15—20° gegen eine Perpendiculärlinie, der kleinere nahe senkrecht. Sie steckten dergestalt in der Erde, dass die am meisten runde, convexe Oberfläche zu unterst lag. Es war dies, wie Herr Taylor ausdrücklich bemerkt, dem Schwerpunkte entsprechend, gerade die Lage, welche die Meteoriten in ihrem Durchgange durch die Widerstand leistende Atmosphäre annehmen mussten. Der grössere Stein schlug zwei Fuss fünf Zoll,

der kleinere etwa zwei Fuss acht Zoll tief in die Erde in Ackergrund ein. Der kleinere hat nicht das Ansehen, als ob er ein Bruchstück des grösseren wäre. Das specifische Gewicht des kleineren ist nach Taylor = 3·3, etwas grösser, wenn mit Wasser vollgesogen. Feucht geworden zeigte der grössere Stein auf der runden Oberfläche einen Sprung, der sich später, vielleicht durch Oxydation, noch mehr öffnete. Der Schall bei dem Falle war furchtbar für die Eingebornen, ähnlich zwei Donnerschlägen, als der eine Stein nach dem andern niederfuhr, die noch einige Zeit, doch schwächer, nachklangen. Man hörte sie bis Tuticorin, südlich an der Küste des Golfs von Manaar, in einer Entfernung von vierzig englischen Meilen; sehr laut in Madura, das sechzehn Meilen entfernt ist.

Mehrere Personen standen in der Nähe, wo der Fall stattfand, und doch wurde keiner dieser grossen Körper im Herabfallen gesehen, was der Schnelligkeit der Bewegung zugeschrieben wird. Eine Staubwolke erhob sich von den Orten, wo sie einschlugen. Herr Taylor sah noch die Vertiefungen in der fest zusammengedrückten Erde. Es hatte bis zum 21. April, wo er die Gegend untersuchte und die Steine erhielt, nicht geregnet.

Die Gestalt, rundlich, wenn auch etwas unregelmässig, wird mit grossen Geschützkugeln verglichen, mit einer schwarzen rauchähnlichen Rinde überzogen, im Innern granitähnlich mit Eisentheilen.

Bei dem raschen Verlauf der Erscheinung, dem Einschlagen in die Erde, ohne dass man die Steine in der Luft herankommen sah, dürfte wohl diesmal darauf hindeuten, dass die Erde von einem wahren „Kernschusse“ getroffen wurde.

3. *Vorläufige Nachrichten über Vorbereitungen zu einem zweiten meteorologischen See- und Land-Congresse.*

Von dem w. M. W. Haidinger.

Aus einer Mittheilung von Herrn Dr. v. Scherzer, die ich so eben erhielt, wünschte ich eines Schreibens von Herrn Commander M. F. Maury in Washington zu gedenken, welches über verschiedene Vorgänge während dessen letzten Aufenthaltes in England berichtet, unter anderm der Herausgabe der neuen Auflage seiner *Physical Geography of the Sea*. Maury besprach namentlich auch mit den Herren Rear Admiral Fitz Roy und Capitän Washington R. N. die grossen Vortheile, welche sich in wissenschaftlicher Beziehung an einen neu einzuladenden meteorologischen Congress anknüpfen würden, ähnlich dem, welcher im Jahre 1853 in Brüssel abgehalten wurde, und an welchem wissenschaftliche Vertreter aus Belgien, Dänemark, Frankreich, Grossbritannien, den Niederlanden, Norwegen, Portugal, Russland, Schweden und den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika Theil nahmen. Für dieses Mal wäre aber ein Hauptzweck, continentale zugleich mit marinen Verabredungen zu treffen, namentlich sollte aber Österreich nicht fehlen, von dessen Männern in dieser Richtung Maury mit der höchsten Achtung spricht; es sollten dabei Männer nicht fehlen, wie Commodore v. Wüllerstorf und unser hochverehrter College Herr Director Kreil. Bis zur Ausführung liegt freilich viele Zeit vor, auch thürmt sich in Amerika selbst, bei dessen Regierung Maury erst die Unterstützung zur Einladung nach den verschiedenen Richtungen gewinnen müsste, so manche Schwierigkeit in ihren politischen Verhältnissen auf, aber doch ist zu hoffen, dass jener grosse unternehmende Geist endlich diese gewiss höchst nützliche und zeitgemässe Idee der Verabredung zusammenhängender Beobachtungen zur See und zu Land durchzuführen vermögen wird.

---

4. *Der Fortgang der Reise des Herrn Th. v. Heuglin.*

Von dem w. M. W. Haidinger.

Wien beherbergte bis heute noch den kön. württemb. Hofrath Herrn Theodor v. Heuglin in seinen Mauern. Er verlässt uns heute auf dem Wege nach Triest. Er selbst wollte erst nach Constantinopel, um die Fermane in Empfang zu nehmen, während ein Theil seiner Reisebegleiter sich etwa 14 Tage später nach Triest zur Abfahrt verfügt. Man sammelt sich in Kairo; Herr v. Heuglin, Herr Dr. Steudner für Botanik und Geologie, Herr Kinzelbach für geographische Ortsbestimmungen, Höhenmessungen, Meteorologie. Herr W. Munzinger für Ethnographie und Sprachen befindet sich bereits in den arabischen Bogos-Ländern. Von Wien begleitet noch Herr Hansal die Expedition, der bereits mit dem hochwürdigen verewigten Provicar Knoblecher fünf Jahre in jenen Ländern zugebracht. Man beabsichtigt zuerst durch das rothe Meer nach Massaua zu fahren und dann sogleich in die gegen Abessinien ansteigenden Höhen sich zu begeben, um dort die in Chartum so feindselige Regenzeit abzuwarten. Erst im October kommt man nach Chartum, und wenn auch schon im Lande der Bogos-Araber manches Neue erwartet wird, so geht doch dort erst die eigentliche grosse Entdeckungsreise an. Ist es möglich, steht ein Dampfschiff zur Disposition, so will Heuglin bis in den Bahr el Gasal fahren und von dort gegen Nordwest nach Wara vordringen, sonst auf anderen Routen durch Kordofan und Darfur. Von Wara aus denkt er sich in das ganz unbekannte Herz Afrika's zu wenden, in südlicher Richtung, um sich dann entweder nach der Westküste zu gegen Fernando Po, Rio Gabon, Congo oder Loando, oder nach der Ostküste, Mombas, Zanzibar, Kiloa, Quilimani sich einen Weg zu suchen. Fragen und Sendungen, welche ihm nachträglich nach Chartum zugeschickt werden können, übernimmt Herr Dr. Petermann bis zum 1. Juni. Wir werden gewiss mit höchster Theilnahme den Berichten des unternehmenden Reisenden folgen, welche uns durch Herrn Petermann rasch zugehen werden.

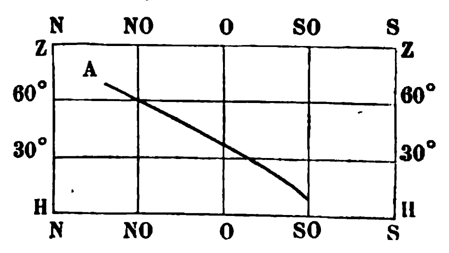
Während Herrn v. Heuglin's Anwesenheit in Wien hatte ich ihm, schon seit einiger Zeit vorbereitet, ein Exemplar der wichtigen, von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Schrift: „Bemerkungen und Anweisungen für die Naturforscher, welche die Expedition von Sr. k. k. Apostolischen Majestät Fregatte Novara unter dem Commando des Herrn Obersten Bernhard v. Wüllerstorf-Urbair begleiten“ überreicht, welches ich zu diesem Zwecke von meinem hochverehrten Freunde, dem Herrn Generalsecretär, mir erbeten hatte, so wie den von Herrn k. k. Bergrath Foetterle freundlichst übergebenen „Beitrag zu Instructionen u. s. w.“ von der k. k. geographischen Gesellschaft.

Ein Heft werthvoller „Rathschläge und Fragen an die Mitglieder von Th. v. Heuglin's Expedition nach Inner-Afrika“ wurde uns kürzlich durch Herrn Dr. A. Petermann mitgetheilt. Auch ich habe geglaubt, in Beziehung auf einen der Punkte noch folgende Bitte anreihen zu dürfen, welche ich Herrn v. Heuglin überreichte.

Herr Geh. Rath Prof. Ehrenberg hat bereits in Nr. 6 (Seite 12) der Feuer-Meteore und Meteorsteine, Herr Prof. Lenz des Berges von „gediegenem Eisen“ in der Provinz Antitscho in Abessinien gedacht, 1 (Seite 9).

Ich bitte um Erlaubniss, mit einigen Worten die Angelegenheiten 1. der Feuer-Meteore, und 2. der mit solchen herabgefallenen Stein- oder Eisenmassen, während der Reise oder aus früheren Zeiten, wo dergleichen noch vorhanden wären, noch besonders zu empfehlen.

Für die ersteren bitte ich die Ergebnisse der Beobachtung nach möglichst genauer Schätzung in Tafeln gewogenst einzutragen, in welchen Hemioramen, von dem zu benennenden Beobachtungsorte aus, nach Art der Mercator-Projection vorbereitet sind, von welchen ich die Ehre habe, hier eine kleine Anzahl zu überreichen.



So würde nebenstehende Skizze eine Feuerkugel bedeuten, welche in NNO in einer Höhe von 70° erscheint und in geradem Zuge bis zu 10° in SO niedergeht. Dabei zu bemerken:

1. Genaue geographische Orientirung. Orientirung nach Sternbildern ist nicht nothwendig, da man sie jederzeit aus der geographischen Orientirung und der Zeit wiederfinden kann.

2. Angabe der Zeit nach Stunde, Tag, Monat und Jahr.

3. Grösse, geschätzt im Vergleich mit dem Vollmonde.

4. Gestalt, ob rund, birnförmig und in welcher Richtung, u. s. w.

5. Besonders wichtig, wenn das Meteor bei *A* erst als Stern erscheint, der sich immer vergrössert.

6. Dauer der Erscheinung.

7. Ob das Phänomen erlischt wie ein Stern oder in voller Grösse, nebst Angabe der Nebenumstände.

8. Farben.

9. Schall-Phänomene.

10. Umstände des eigentlichen Falles.

11. Ist der Gegenstand Eisen oder Stein, oder irgend ein anderer Stoff.

12. Ist der herabgefallene Gegenstand glühend oder heiss, oder warm, vielleicht äusserlich warm, innen kalt.

Das Mitbringen oder Senden der Gegenstände nach Europa ist jedenfalls sehr wichtig; da aber Meteor-Eisenmassen namentlich oft von ansehnlicher Grösse und bedeutendem Gewichte sind, doch mindestens von Stücken davon, nebst genauen Zeichnungen und Messungen der Massen.

Wichtig wäre bei dem von Herrn Prof. Lenz erwähnten Schimper'schen Berge von „gediegenem Eisen" oder ähnlichen Erscheinungen die Angabe der Beziehungen der mit dem Eisen vorkommenden Steinmassen, so wie die Anhersendung von möglichst verschiedenartig gewählten Stücken solcher Steinmassen und mit denselben verbundenen Eisentheilen selbst.

Jede weitere Bemerkung in Bezug auf den Gegenstand wird das Bild vervollständigen und dessen Werth erhöhen.

In Bezug auf die Herausgabe der mit unserer Novara-Expedition zusammenhängenden Werke bemerkt Herr W. Haidinger,

dass es allerdings auch in der letzten Zeit das Ansehen gewinnen zu wollen schien, als ob selbst der vorläufige Bericht der Novara-Reise erst nach dem Schlusse des dritten Bandes veröffentlicht werden sollte. Glücklicher Weise hat nun doch wieder die entgegengesetzte Ansicht die Oberhand erhalten und wir dürfen in ganz naher Zeit der grossen allgemein verbreiteten Theilnahme entsprechend, dem Erscheinen des ersten Bandes der „Reise der Novara um die Erde" entgegensehen, dessen Druck nahezu vollendet ist.

Über die Eigenschaften einiger bestimmten Integrale.

Von **Dr. Anton Winckler,**
Professor am Joanneum in Graz.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 3. Jänner 1861.)

Die Reductionsformeln für die Integrale trigonometrischer und logarithmischer Differentiale, mit welchen sich die Elemente der Integralrechnung beschäftigen, führen, wie bekannt, auf einige Formen, welche keiner weitern Reduction mehr fähig, so wie auch in endlicher Form durch die elementaren Functionen nicht darstellbar sind, und daher als Transcendente besonderer Art betrachtet werden müssen. Für manche dieser Transcendenten konnte man, wenn es sich um ihre numerische Bestimmung handelte, brauchbare Reihenentwickelungen finden, manche treten in der Anwendung überhaupt seltener auf, und hierin ligt wohl der Grund, dass ihre Eigenschaften nicht so vollständig in Betracht gezogen worden sind, wie sie es zu verdienen scheinen. Es besteht kaum ein Zweifel darüber, dass sich die Theorie der bestimmten Integrale, wenn überhaupt von einer solchen die Rede sein soll, nicht auf die Betrachtung der Fälle beschränken darf, in welchen ein Integral für besondere Werthe der Grenzen in endlicher Form oder durch Reihen gefunden werden kann, sondern dass ihre wichtigere und zugleich schwierigere Aufgabe gerade in der Erörterung der allgemeinen und charakteristischen Eigenschaften der bestimmten Integrale bestehen müsse. In dieser letztern Richtung wird das Folgende mit einigen der oben bezeichneten Integrale sich beschäftigen und zwar entweder neue Eigenschaften daran nachweisen, oder bereits bekannte, die als solche in jedem einzelnen Falle bezeichnet werden sollen, unter neuem Gesichtspunkte begründen.

Rücksichtlich der Methode ist die Zuhilfenahme unendlicher Reihen, wenn auch manchmal ein Mittel zur Entdeckung oder zur Verification bereits gefundener Resultate, doch in vielen Fällen ein Umweg oder gar illusorisch, jedenfalls der Betrachtungsweise der Integralrechnung nicht sehr angemessen. Ich werde daher alle Reihenentwickelungen zu vermeiden und das hierher Gehörige ausschliesslich durch Transformation von Integralen zu erreichen suchen.

1.

Eines der Integrale, welche in den Elementen auftreten und mehrfach Gegenstand der Betrachtung gewesen sind, hat die Form:

$$\int dx \log \sin x,$$

Ich will voraussetzen, dasselbe sei zwischen den Grenzen o und a genommen, und werde also den entsprechenden, offenbar negativen Werth mit $-f(a)$ bezeichnen, folglich

$$f(a) = -\int_0^a dx \log \sin x$$

setzen. Es ist klar, dass $f(a)$ nur solange einen reellen Werth erhält, als

$$o < a < \pi.$$

Unter dieser Voraussetzung hat man also auch:

$$f(\pi - a) = -\int_0^{\pi-a} dx \log \sin x = \int_\pi^a dx \log \sin x$$

oder, was dasselbe sagt, es findet die Gleichung:

$$f(a) + f(\pi - a) = f(\pi)$$

Statt, aus welcher sich für $a = \frac{\pi}{2}$

$$f\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2} f(\pi)$$

ergibt.

Den Werth von $f\left(\frac{\pi}{2}\right)$ hat bekanntlich zuerst Euler durch mehrere Arten von Reihenentwickelungen abgeleitet (*Acta Acad. Sc. Petrop.* T. I. P. II), und in ähnlicher Weise hat Cauchy (*Théorie des ondes*, Note 18) denselben ermittelt. Obgleich nun dieser Werth sich später, ohne dass eine Integration auszuführen wäre, aus einem allgemeinen Satze ergeben wird, so verdient doch die folgende Herleitung bemerkt zu werden. Durch theilweises Integriren und wenn man nachher $x = \text{arctg}\, t$ setzt, erhält man:

$$f\left(\frac{\pi}{2}\right) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{x\,dx}{\text{tang}\, x} = \int_0^{+} \frac{\text{arctg}\, t}{t} \cdot \frac{dt}{1+t^2} \quad .$$

Da nun:

$$\frac{\text{arctg}\, t}{t} = \int_0^1 \frac{dx}{1+x^2 t^2},$$

so gelangt man durch Substitution und Zerlegung in Partialbrüche zu der Gleichung:

$$f\left(\frac{\pi}{2}\right) = \int_0^1 \frac{dx}{1-x^2} \int_0^{\infty} \left(\frac{dt}{1+t^2} - \frac{x^2 dt}{1+x^2 t^2}\right).$$

Führt man die Integration nach t aus, so erfolgt schliesslich

$$f\left(\frac{\pi}{2}\right) = \int_0^1 \frac{dx}{1-x^2}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2}\,x\right) = \frac{\pi}{2}\log 2.$$

Die später sich ergebende Bestimmung dieses Werthes wird jedoch, wie bemerkt, von der vorliegenden unabhängig sein.

2.

Ausser dem soeben betrachteten Falle, in welchem sich $f\left(\frac{\pi}{2}\right)$ finden lässt, hat man die Function $f(a)$ meines Wissens nicht weiter erörtert, und doch besteht für dieselbe ein bemerkenswerthes Additionstheorem, welches als der Ausdruck der meisten Eigen-

schaften von $f(a)$ angesehen werden kann. Es ist leicht zu demselben auf dem folgenden sich unmittelbar anbietenden Wege zu gelangen.

In den *Opusculis analyticis* T. I. p. 361 fand Euler die selten zur Anwendung kommende Gleichung:

$$\sin nx =$$
$$2^{n-1} \sin x \sin\left(x+\frac{\pi}{n}\right) \sin\left(x+\frac{2\pi}{n}\right) \sin\left(x+\frac{3\pi}{n}\right) \ldots \sin\left(x+\frac{(n-1)\pi}{n}\right)$$

worin n eine ganze Zahl bedeutet. Nimmt man auf beiden Seiten den Logarithmus und integrirt dann die daraus hervorgegangene Gleichung nach x zwischen den Grenzen o und a, so wird man erhalten:

$$\int_0^a \log \sin nx \, dx = (n-1)\, a \log 2 +$$
$$+\int_0^a \log \sin x \, dx + \int_0^a \log \sin\left(x+\frac{\pi}{n}\right) dx + \int_0^a \log \sin\left(x+\frac{2\pi}{n}\right) dx + \ldots$$
$$+\int_0^a \log \sin\left(x+\frac{i\pi}{n}\right) dx + \ldots\ldots + \int_0^a \log \sin\left(x+\frac{(n-1)\pi}{n}\right) dx$$

Transformirt man nun das Integral linker Hand, indem man x für nx setzt, sowie auch jedes der Integrale auf der rechten Seite dadurch, dass man x für $x+\frac{i\pi}{n}$ setzt, so geht diese Gleichung über in

$$\frac{1}{n}\int_0^{na} \log \sin x \, dx = (n-1)\, a \log 2 +$$
$$+\int_0^a \log \sin x \, dx + \int_{\frac{\pi}{n}}^{a+\frac{\pi}{n}} \log \sin x \, dx + \int_{\frac{2\pi}{n}}^{a+\frac{2\pi}{n}} \log \sin x \, dx + \ldots$$
$$+\int_{\frac{i\pi}{n}}^{a+\frac{i\pi}{n}} \log \sin x \, dx + \ldots\ldots + \int_{\frac{(n-1)\pi}{n}}^{a+\frac{(n-1)\pi}{n}} \log \sin x \, dx$$

oder, wenn man alle Integrale durch Zerlegung in solche verwandelt, welche 0 zur untern Grenze haben, und wenn man sich wieder der angenommenen Bezeichnung bedient:

$$-\frac{1}{n}f(na) = (n-1)\,a\log 2 +$$

$$f\left(\frac{\pi}{n}\right) + f\left(\frac{2\pi}{n}\right) + f\left(\frac{3\pi}{n}\right) + \dots + f\left(\frac{i\pi}{n}\right) + \dots + f\left(\frac{(n-1)\pi}{n}\right)$$

$$-\left\{f(a) + f\left(a+\frac{\pi}{n}\right) + \cdot\, f\left(a+\frac{i\pi}{n}\right) + \dots + f\left(a+\frac{(n-1)\pi}{n}\right)\right\}$$

Berücksichtigt man, dass vermöge einer im vorigen Artikel vorausgeschickten Bemerkung

$$f\frac{(n-i)\pi}{n} + f\left(\frac{i\pi}{n}\right) = 2f\left(\frac{\pi}{2}\right),$$

so wird man finden, dass, sowohl wenn n gerade, als auch wenn n ungerade ist, folglich ein Mittelglied $= f\left(\frac{\pi}{2}\right)$ stattfindet, die Summe

$$f\left(\frac{\pi}{n}\right) + f\left(\frac{2\pi}{n}\right) + f\left(\frac{3\pi}{n}\right) + \dots + f\left(\frac{i\pi}{n}\right) + \dots + f\left(\frac{(n-1)\pi}{n}\right) = (n-1)f\left(\frac{\pi}{2}\right)$$

wird und daher die Gleichung

$$f(a) + f\left(a+\frac{\pi}{n}\right) + f\left(a+\frac{2\pi}{n}\right) + \dots + f\left(a+\frac{(n-1)\pi}{n}\right)$$
$$= \frac{1}{n}f(na) + (n-1)\left[f\left(\frac{\pi}{2}\right) + a\log 2\right]$$

entsteht. Für $n = 2$, $a = \frac{\pi}{2}$ erhält man hieraus:

$$f\left(\frac{\pi}{2}\right) + f(\pi) = \frac{1}{2}f(\pi) + f\left(\frac{\pi}{2}\right) + \frac{\pi}{2}\log 2$$

und da: $$f(\pi) = 2f\left(\frac{\pi}{2}\right),$$

so folgt $$f\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2}\log 2$$

wie im vorigen Artikel gefunden worden ist. Man hat also den Satz: Wenn in dem Integral:

$$f(a) = -\int_0^a \log \sin x \, dx$$

$$0 \leqq a \leqq \frac{\pi}{n}$$

so findet die Gleichung Statt:

$$f(a) + f\left(a + \frac{\pi}{n}\right) + f\left(a + \frac{2\pi}{n}\right) + \cdot \cdot + f\left(a + \frac{(n-1)\pi}{n}\right)$$
$$= \frac{1}{n} f(na) + (n-1)\left(a + \frac{\pi}{2}\right) \log 2 \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

und es ist zugleich

$$f(a) + f(\pi - a) = \pi \log 2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Für $n = 2$ folgt z. B.

$$f(a) + f\left(a + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2} f(2a) + \left(a + \frac{\pi}{2}\right) \log 2$$

so wie auch

$$f(a) - f\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \frac{1}{2} f(2a) + \left(a - \frac{\pi}{2}\right) \log 2.$$

An diesen Satz lässt sich die folgende Bemerkung knüpfen. Gibt man der Gleichung (1) die Form:

$$\sum_{i=0}^{i=n-1} f\left(a + \frac{i\pi}{n}\right) = \frac{1}{n} f(na) + (n-1)\left(a + \frac{\pi}{2}\right) \log 2.$$

setzt man darin

$$\frac{i\pi}{n} = x, \quad \frac{(i+1)\pi}{n} = x + \Delta x, \text{ also } \Delta x = \frac{\pi}{n}$$

und multiplicirt man die Gleichung mit $\frac{\pi}{n}$, so gestaltet sie sich wie folgt:

$$\sum_{0}^{\left(1-\frac{1}{n}\right)\pi} f(a+x)\,\Delta x = \pi\left(1-\frac{1}{n}\right)\left(a+\frac{\pi}{2}\right)\log 2 + \pi\,\frac{f(na)}{n^2}$$

Lässt man jetzt n ohne Ende wachsen, hält auch daran fest, dass a nicht grösser als $\frac{\pi}{n}$ genommen werden darf, und setzt, diese Grenze einhaltend, $a = \frac{\pi}{n}$, so erhält man nach Weglassung aller für ein unendlich grosses n verschwindenden Bestandtheile der obigen Gleichung, als das Resultat dieses Vorganges die Gleichung:

$$\int_0^{\pi} f(x)\,dx = \frac{1}{2}\,\pi^2 \log 2,$$

worin man der linken Seite auch die Form eines Doppelintegrals geben kann, so dass man erhält:

$$\int_0^{\pi} dy \int_0^{y} \log\sin x\,dx = -\frac{1}{2}\,\pi^2 \log 2.$$

Um diese Gleichung zu verificiren, kann man sich der Reihenentwickelung bedienen, auf anderem Wege aber gelangt man weniger leicht hierzu.

3.

Aus dem Theorem des vorigen Artikels lassen sich, mit Unterscheidung ob n eine gerade oder ungerade Zahl ist, noch zwei weitere Gleichungen ableiten. Ist nämlich n eine gerade Zahl, oder wird $2n$ für n gesetzt, so kann man, wie leicht zu sehen ist, aus der Gleichung

$$f\left(a+\frac{i\pi}{2n}\right) = \pi\log 2 - f\left(\frac{(2n-i)\,\pi}{2n} - a\right)$$

die folgende finden:

$$f\left(a+\frac{n\pi}{2n}\right) + f\left(a+\frac{(n+1)\,\pi}{2n}\right) + \cdots + f\left(a+\frac{(2n-1)\,\pi}{2n}\right) = n\pi\log 2 -$$
$$\left\{f\left(\frac{n\pi}{2n}-a\right) + f\left(\frac{(n-1)\,\pi}{2n}-a\right) + \cdots + f\left(\frac{2\pi}{n}-a\right) + f\left(\frac{\pi}{2\pi}-a\right)\right\}$$

Aus der Gleichung (1) des vorigen Artikels folgt hiernach:

$$f\left(\frac{\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{2\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2\pi}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(n-1)\pi}{2n}+a\right)$$
$$-\left\{f\left(\frac{\pi}{2n}-a\right)+f\left(\frac{2\pi}{2n}-a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}-a\right)+\ldots+f\left(\frac{(n-1)\pi}{2n}-a\right)\right\}$$
$$=\frac{1}{2n}f(2na)+(2n-1)\left(\frac{\pi}{2}+a\right)\log 2-n\pi\log 2+f\left(\frac{\pi}{2}-a\right)-f(a)$$

Da aber, wie im vorigen Artikel gezeigt wurde:

$$f\left(\frac{\pi}{2}-a\right)-f(a)=-\frac{1}{2}f(2a)+\left(\frac{\pi}{2}-a\right)\log 2,$$

so kann der rechten Seite der Gleichung die einfachere Form

$$\frac{1}{2n}f(2na)-\frac{1}{2}f(2a)+2(n-1)\,a\log 2$$

gegeben werden.

Ist n eine ungerade Zahl, oder setzt man $2n+1$ für n, so kann auf ganz ähnlichem Wege die betreffende Umformung erzielt werden wie im vorhergehenden Falle.

Man gelangt dann zu den beiden folgenden Gleichungen:

$$f\left(\frac{\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{2\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(n-1)\pi}{2n}+a\right)$$
$$-\left\{f\left(\frac{\pi}{2n}-a\right)+f\left(\frac{2\pi}{2n}-a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}-a\right)+\ldots+f\left(\frac{(n-1)\pi}{2n}-a\right)\right\}$$
$$=\frac{1}{2n}f(2na)-\frac{1}{2}f(2a)+2(n-1)\,a\log 2$$

und

$$f\left(\frac{\pi}{2n+1}+a\right)+f\left(\frac{2\pi}{2n+1}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n+1}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{n\pi}{2n+1}+a\right)$$
$$-\left\{f\left(\frac{\pi}{2n+1}-a\right)+f\left(\frac{2\pi}{2n+1}-a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n+1}-a\right)+\ldots+f\left(\frac{n\pi}{2n+1}-a\right)\right\}$$
$$=\frac{1}{2n+1}f\left((2n+1)\,a\right)-f(a)+2na\log 2$$

Bei Anwendung dieser Gleichungen hat man, wie aus ihrer Herleitung hervorgeht, auf der linken Seite für $n = 1$ in der ersten Gleichung, und für $n = 0$ in der zweiten jedesmal Null zu setzen. Ferner ist für $n = 2, 3, 4, \ldots$ in der ersten und für $n = 1, 2, 3, \ldots$ in der zweiten Gleichung respective das erste sammt dem darunter stehenden negativen Gliede, die zwei ersten mit den beiden darunter stehenden negativen Gliedern etc. zu setzen. Hiernach hat man z. B.

$$f\left(\frac{\pi}{3}+a\right)-f\left(\frac{\pi}{3}-a\right)=\frac{1}{3}f(3a)-f(a)+2a\log 2$$

$$f\left(\frac{\pi}{4}+a\right)-f\left(\frac{\pi}{4}-a\right)=\frac{1}{4}f(4a)-\frac{1}{2}f(2a)+2a\log 2$$

$$f\left(\frac{\pi}{5}+a\right)-f\left(\frac{\pi}{5}-a\right)+f\left(\frac{2\pi}{5}+a\right)-f\left(\frac{2\pi}{5}-a\right)$$
$$=\frac{1}{5}f(5a)-f(a)+4\,a\log 2$$

$$f\left(\frac{\pi}{6}+a\right)-f\left(\frac{\pi}{6}-a\right)+f\left(\frac{2\pi}{6}+a\right)-f\left(\frac{2\pi}{6}-a\right)$$
$$=\frac{1}{6}f(6a)-\frac{1}{2}f(2a)+4\,a\log 2$$

u. s. w.

4.

Ausser den bis jetzt nachgewiesenen Eigenschaften der Function $f(a)$ bestehen noch andere, welche, nicht minder bemerkenswerth, auf folgende Art dargethan werden können. Es ist leicht sich von der Richtigkeit der Gleichung:

$$\cos nx = 2^{n-1}\sin\left(x+\frac{\pi}{2n}\right)\sin\left(x+\frac{3\pi}{2n}\right)\sin\left(x+\frac{5\pi}{2n}\right)\ldots\sin\left(x+\frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$

zu überzeugen, aus welcher man, wenn auf beiden Seiten der Logarithmus genommen, dann zwischen 0 und a integrirt und überhaupt in ähnlicher Weise wie im Art. 2 verfahren wird, die weitere Gleichung findet:

$$f\left(\frac{\pi}{2n}\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}\right)+f\left(\frac{5\pi}{2n}\right)+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$
$$-\left\{f\left(\frac{\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{5\pi}{2n}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{2n}+a\right)\right\}$$
$$=-\frac{1}{n}f\left(\frac{\pi}{2}\right)+\frac{1}{n}f\left(\frac{\pi}{2}-na\right)-(n-1)\,a\log 2$$

Bemerkt man aber, dass

$$\left(\frac{\pi}{2n}\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}\right)+f\left(\frac{5\pi}{2n}\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)=\frac{n}{2}f(\pi)=\frac{1}{2}n\pi\log 2,$$

so nimmt die obige Gleichung die einfachere Gestalt an:

$$f\left(\frac{\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{2n}+a\right)+f\left(\frac{5\pi}{2n}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{2n}+a\right)$$

$$=-\frac{1}{n}f\left(\frac{\pi}{2}-na\right)+\left[(n-1)a+\left(n+\frac{1}{n}\right)\frac{\pi}{2}\right]\log 2\;.\;.\;.\quad(1)$$

Der durch diese Gleichung ausgesprochene Satz ist jenem des Art. 2 analog. Unterscheidet man in (1) ebenfalls ob n gerade oder ungerade ist, so ergibt sich das Folgende.

Ist n gerade, oder schreibt man $2n$ für n und berücksichtigt die Gleichung:

$$f\left(\frac{(2i+1)\pi}{4n}+a\right)=\pi\log 2-f\left(\pi-\frac{(2i+1)\pi}{4n}-a\right)$$

so wird:

$$f\left(\frac{(2n+1)\pi}{4n}+a\right)+f\left(\frac{(2n+3)\pi}{4n}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(4n-1)\pi}{4n}+a\right)$$

$$=n\pi\log 2-\left\{f\left(\frac{(2n-1)\pi}{4n}-a\right)+f\left(\frac{2(n-3)\pi}{4n}-a\right)+\ldots+f\left(\frac{\pi}{4n}-a\right)\right\}$$

Ist n ungerade oder setzt man $2n+1$ für n, so findet man auf ähnliche Weise:

$$f\left(\frac{(2n+1)\pi}{4n+2}+a\right)+f\left(\frac{(2n+3)\pi}{4n+2}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(4n+1)\pi}{4n+2}+a\right)$$

$$=n\pi\log 2+f\left(\frac{\pi}{2}+a\right)$$

$$-\left\{f\left(\frac{(2n-1)\pi}{4n+2}-a\right)+f\left(\frac{(2n-3)\pi}{4n+2}-a\right)+\;.\;.\;.\;+f\left(\frac{\pi}{4n+2}-a\right)\right\}$$

Dieses vorausgesetzt lassen sich nun aus der Gleichung (1) die folgenden Beziehungen ableiten; nämlich:

$$f\left(\frac{\pi}{4n}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{4n}+a\right)+f\left(\frac{5\pi}{4n}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{4n}+a\right)$$
$$-\left\{f\left(\frac{\pi}{4n}-a\right)+f\left(\frac{3\pi}{4n}-a\right)+f\left(\frac{5\pi}{4n}-a\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{4n}-a\right)\right\}$$
$$=-\frac{1}{2n}f\left(\frac{\pi}{2}-2\,na\right)+\left[(2n-1)\,a+\frac{\pi}{4n}\right]\log 2$$

und

$$f\left(\frac{\pi}{4n+2}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{4n+2}+a\right)+f\left(\frac{5\pi}{4n+2}+a\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{4n+2}+a\right)$$
$$-\left\{f\left(\frac{\pi}{4n+2}+a\right)+f\left(\frac{3\pi}{4n+2}-a\right)+f\left(\frac{5\pi}{4n+2}-a\right)+\ldots+f\left(\frac{(2n-1)\pi}{4n+2}-a\right)\right\}$$
$$=-\frac{1}{2n+1}f\left(\frac{\pi}{2}-(2n+1)\,a\right)-\frac{1}{2}f(2a)+f(a)$$
$$+\left\{(2n-1)\,a+\frac{\pi}{4n+2}\right\}\log 2.$$

Daraus folgt z. B. für $n=1$:

$$f\left(\frac{\pi}{4}+a\right)-f\left(\frac{\pi}{4}-a\right)=-\frac{1}{2}f\left(\frac{\pi}{2}-2a\right)+\left(a+\frac{\pi}{4}\right)\log 2$$

$$f\left(\frac{\pi}{6}+a\right)-f\left(\frac{\pi}{6}-a\right)=-\frac{1}{3}f\left(\frac{\pi}{2}-3a\right)-\frac{1}{2}f(2a)+f(a)$$
$$+\left(a+\frac{\pi}{6}\right)\log 2.$$

Die Relationen, von welchen bisher die Rede war und deren Zahl sich leicht vermehren liesse, können dazu benützt werden, um aus einem oder mehreren Werthen von $f(a)$ einen andern numerisch zu berechnen. Die weitere Ausführung gehört jedoch nicht hierher.

5.

Auf das bisher betrachtete, durch $f(a)$ bezeichnete Integral lassen sich einige andere Integrale zurückführen, wovon die folgenden hervorgehoben werden mögen.

Das Integral:

$$\int_0^a x \operatorname{cotg} x\, dx$$

geht durch Anwendung der theilweisen Integration über in $f(a)$, denn man erhält die Gleichung

$$\int_0^a x \operatorname{cotg} x \, dx = a \log \sin a + f(a) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Setzt man darin x für tang x und a für tang a, so findet man auch:

$$\int_0^a \frac{\operatorname{arctg} x}{x} \cdot \frac{dx}{1+x^2} = \operatorname{arctg} a \, . \, \log \frac{a}{\sqrt{1+a^2}} + f(\operatorname{arctg} a).$$

Auch erhält man die Gleichung:

$$\int_0^a \frac{\log x}{\sqrt{1-x^2}} \, dx = - f(\arcsin a)$$

oder:

$$\int_0^a \frac{\arcsin x}{x} \, dx = + f(\arcsin a) + \log a \, . \, \arcsin a.$$

Ebenso lässt sich das Integral:

$$\int_0^a dx \log \operatorname{tang} x$$

reduciren. Man findet nämlich, wie leicht zu sehen:

$$\int_0^a dx \log \operatorname{tang} x = \int_0^a dx \log \sin x - \int_0^{\frac{\pi}{2}} dx \log \sin x + \int_0^{\frac{\pi}{2}-a} dx \log \sin x$$

woraus sich sogleich die Formel ergibt:

$$\int_0^a dx \log \operatorname{tang} x = \frac{\pi}{2} \log 2 - \left[f(a) + f\left(\frac{\pi}{2} - a\right)\right].$$

Auch das Integral

$$\int_0^a \frac{dx}{1+x^2} \log \frac{1-x^2}{1+x^2}$$

lässt eine Reduction bezeichneter Art zu. Setzt man nämlich:

$$\frac{1-x^2}{1+x^2} = \sin y,$$

so ist:

$$x = \tang\left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}y\right), \quad dx = -\frac{1}{2}\left[1 + \tang^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}y\right)\right] dy$$

daher

$$\int_0^a \frac{dx}{1+x^2} \log \frac{1-x^2}{1+x^2} = -\frac{1}{2}\int_1^{\frac{\pi}{2} - 2 \operatorname{arctg} a} dy \log \sin y$$

und wenn man das Integral rechter Hand in zwei Integrale, welche mit 0 anfangen, zerlegt:

$$\int_0^a \frac{dx}{1+x^2} \log \frac{1-x^2}{1+x^2} = -\frac{\pi}{4}\log 2 + \frac{1}{2} f\left(\frac{\pi}{2} - 2 \operatorname{arctg} a\right).$$

Dieses Integral lässt aber noch eine andere bemerkenswerthe Transformation zu. Es ist nämlich

$$\log \frac{1-x^2}{1+x^2} = \int_{-1}^{+1} \frac{x^2 dy}{1+x^2 y},$$

man hat daher das doppelte Integral

$$\int_{-1}^{+1} dy \int_0^a \frac{x^2 dx}{(1+x^2)(1+x^2 y)}$$

worin sich die Integration nach x ausführen lässt, wenn man beachtet, dass y nicht nur positive, sondern auch negative Werthe innerhalb des Intervalles der Grenzen annimmt; und dass also durch Zerlegung des Integrals, die zwei Integrale

$$\int_0^1 dy \int_0^a \frac{x^2 dx}{(1+x^2)(1-x^2 y)} + \int_0^1 dy \int_0^a \frac{x^2 dx}{(1+x^2)(1+x^2 y)}$$

sich ergeben, welche wie folgt dargestellt werden können:

$$\int_0^1 \frac{dy}{1+y}\left\{-\operatorname{arctg} a + \frac{1}{2\sqrt{y}} \log \frac{1+a\sqrt{y}}{1-a\sqrt{y}}\right\}$$

$$+ \int_0^1 \frac{dy}{1-y}\left\{-\operatorname{arctg} a + \frac{1}{\sqrt{y}} \operatorname{arctg} a\sqrt{y}\right\}$$

Setzt man hierin $y = x^2$, so wird man zu der folgenden Gleichung gelangen:

$$\int_0^a \frac{dx}{1+x^2} \log \frac{1-x^2}{1+x^2} = -\operatorname{arctg} a \,.\, \log 2 + \int_0^1 \frac{dx}{1+x^2} \log \frac{1+ax}{1-ax}$$

$$+ 2\int_0^1 \frac{dx}{1-x^2} \left[\operatorname{arctg} ax - x \operatorname{arctg} a\right]$$

6.

Von einigen weiteren Integralen, welche sich auf das bisher betrachtete zurückführen lassen, hebe ich noch die folgenden hervor.

Setzt man in

$$\int_0^a \frac{\log x}{1+x^2}\, dx$$

für x eine neue Veränderliche y, welche durch die Gleichung

$$x = \operatorname{tang} y \quad \text{oder also} \quad \frac{dx}{1+x^2} = dy$$

bestimmt ist, so erhält man, wie leicht zu sehen, die Transformation:

$$\int_0^a \frac{\log x}{1+x^2}\, dx = \int_0^{\operatorname{arctg} a} \log \sin y\, dy - \int_0^{\operatorname{arctg} a} \log \cos y\, dy$$

Es ist daher:

$$\int_0^a \frac{\log x}{1+x^2}\, dx = -f(\operatorname{arctg} a) - f\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} a\right) + \frac{\pi}{2} \log 2.$$

Daraus folgt z. B. für $a = 1$ die Formel:

$$\int_0^1 \frac{\log x}{1+x^2}\, dx = \frac{\pi}{2} \log 2 - 2 f\left(\frac{\pi}{4}\right).$$

In ähnlicher Weise lässt sich auch das Integral:

$$\int_0^a \frac{\log(1+x)}{1+x^2}\, dx$$

umformen. Setzt man zu dem Ende wieder $x = \operatorname{tang} y$ und bemerkt, dass:

$$\cos y + \sin y = \sqrt{2} \cos\left(\frac{\pi}{4} - y\right),$$

so wird man zunächst zu der Gleichung:

$$\int_0^a \frac{\log(1+x)}{1+x} dx = \int_0^{\operatorname{arctg} a} \log \sqrt{2} \cos\left(\frac{\pi}{4} - y\right) dy - \int_0^{\operatorname{arctg} a} \log \cos y \, dy$$

gelangen, welche sich, wenn im erstern Theile rechter Hand $y = \frac{3}{4}\pi - x$ und im letztern $y = \frac{\pi}{2} - x$ gesetzt wird, in die folgende verwandelt:

$$\int_0^a \frac{\log(1+x)}{1+x^2} dx = \frac{1}{2} \log 2 . \operatorname{arctg} a - \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\frac{3\pi}{4} - \operatorname{arctg} a} \log \sin x \, dx + \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} a} \log \sin x \, dx$$

Berücksichtigt man nun die weiter oben erhaltene Beziehung:

$$f(b) = \pi \log 2 - f(\pi - b),$$

so folgt:

$$\int_0^a \frac{\log(1+x)}{1+x^2} dx = \frac{1}{2} \log 2 \operatorname{arctg} a + \frac{\pi}{2} \log 2$$
$$+ f\left(\frac{\pi}{4}\right) - f\left(\frac{\pi}{4} + \operatorname{arctg} a\right) - f\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} a\right)$$

Daraus ergibt sich z. B., wenn man $a = 1$ setzt:

$$\int_0^1 \frac{\log(1+x)}{1+x^2} dx = \frac{\pi}{8} \log 2$$

wie auf andere Wege Bertrand und Serret im Journal von Liouville T. VIII und IX zuerst gefunden haben. — Ich will noch bemerken, dass wenn man in der obigen Gleichung linker Hand $-x$ für x und dann durchgehends auch $-a$ für a setzt, auch die Reduction des Integrals:

$$\int_0^a \frac{\log(1-x)}{1+x^2} dx = \frac{1}{2} \log 2 . \operatorname{arctg} a - \frac{\pi}{2} \log 2$$
$$- f\left(\frac{\pi}{4}\right) + f\left(\frac{\pi}{4} - \operatorname{arctg} a\right) + f\left(\frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg} a\right)$$

sich ergibt, worin jetzt unter a eine Grösse zu verstehen ist, welche, wenn positiv, die Einheit nicht übersteigt. Für $a = 1$ folgt hieraus:

$$\int_0^1 \frac{\log(1-x)}{1+x^2}\,dx = \frac{5}{8}\pi\log 2 - 2f\left(\frac{\pi}{4}\right).$$

Auch die Reductionsformel

$$\int_0^a \frac{\log(1+x^2)}{1+x^2}\,dx = -2\int_0^{\operatorname{arctg} a} \log\cos y\,dx$$

lässt sich auf ähnlichem Wege finden, so dass man weiter erhält:

$$\int_0^a \frac{\log(1+x^2)}{1+x^2}\,dx = \pi\log 2 - 2f\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} a\right),$$

woraus für $a = 1$ das bekannte Resultat folgt:

$$\int_0^\infty \frac{\log(1+x^2)}{1+x^2}\,dx = \pi\log 2.$$

Im Artikel 5 wurde gezeigt, dass auch das Integral

$$\int_0^a \frac{\arcsin x}{x}\,dx = f(\arcsin a) + \log a\,.\,\arcsin a$$

auf die bisher erörterte Function f zurückgeführt werden kann. Diese Formel aber dient, wie noch bemerkt werden mag, zugleich auch zu einer passenden Entwickelung jener Function in eine Reihe. Da nämlich:

$$\arcsin x = x + \frac{1}{2}\frac{x^3}{3} + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\cdot\frac{x^5}{5} + \frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\cdot\frac{x^7}{7} + \cdots$$

so ist:

$$\int_0^a \frac{\arcsin x}{x}\,dx = a + \frac{1}{2}\cdot\frac{a^3}{3^2} + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\cdot\frac{a^5}{5^2} + \frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\cdot\frac{a^7}{7^2} + \cdots$$

Der Werth dieser Reihe ist $f(\arcsin a) + \log a \arcsin a$. Ist also:

$$\arcsin a = \alpha, \qquad a = \sin\alpha,$$

so hat man:

$$f(\alpha) = -\alpha\log\sin\alpha\sin\alpha + \frac{1}{2}\cdot\frac{\sin^3\alpha}{3^2} + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\cdot\frac{\sin^5\alpha}{5^2} + \frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\cdot\frac{\sin^7\alpha}{7^2} + \cdots$$

Da $f\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2} \log 2$, so ergibt sich hieraus z. B. die Reihe:

$$\frac{\pi}{2} \log 2 = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3^2} + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{5^2} + \ldots$$

u. s. w.

7.

Eine andere der einfachen Transcendenten, von welchen früher die Rede war, bildet das Integral:

$$F(a) = \int_0^a \frac{\operatorname{arctg} x}{x}\, dx.$$

Unterwirft man dasselbe der theilweisen Integration, so ergibt sich die Gleichung

$$F(a) = \log a \,.\, \operatorname{arctg} a - \int_0^a \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx,$$

mittelst welcher sich die folgende bemerkenswerthe Eigenschaft der Function F darthun lässt. Setzt man nämlich $\frac{1}{a}$ für a und zieht die neu entstehende Gleichung von der soeben angeführten ab, so erfolgt:

$$F(a) - F\left(\frac{1}{a}\right) = \frac{\pi}{2} \log a - \int_0^a \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx + \int_0^{\frac{1}{a}} \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx.$$

Nun ist aber klar, dass sich die beiden letzteren Integrale gegenseitig aufheben. Denn setzt man $\frac{1}{x}$ für x, so ist:

$$\int_0^a \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx = \int_\infty^{\frac{1}{a}} \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx,$$

woraus für $a = 1$ folgt:

$$\int_0^1 \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx = \int_\infty^1 \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx$$

oder also

$$\int_0^\infty \frac{\log x}{1 + x^2}\, dx = 0$$

Es ist mithin:

$$\int_0^a \frac{\log x}{1+x^2}\,dx = \int_0^{\frac{1}{a}} \frac{\log x}{1+x^2}\,dx$$

was sich leicht auch auf andere Weise zeigen liesse.

Es ist also:

$$F(a) - F\left(\frac{1}{a}\right) = \frac{\pi}{2}\log a.$$

Man kann indessen diese Function auf die in den vorhergehenden Artikeln betrachtet zurückführen. Setzt man nämlich:

$$\operatorname{arctg} x = y, \quad \text{also } x = \operatorname{tang} y, \quad dx = (1 + \operatorname{tang}^2 y)\,dy,$$

so folgt:

$$F(a) = \int_0^{\operatorname{arctg} a} (\operatorname{tang} y + \operatorname{cotg} y)\,y\,dy.$$

Durch Zerlegung kann man diesem Integrale die Form geben:

$$F(a) = \int_0^{\operatorname{arctg} a} y \operatorname{cotg} y\,dy - \frac{\pi}{2}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\operatorname{arccotg} a} \operatorname{cotg} y\,dy + \int_{\frac{\pi}{2}}^{\operatorname{arccotg} a} y \operatorname{cotg} y\,dy$$

und durch nähere Ausführung

$$F(a) = \frac{\pi}{4}\log(1+a^2) - \frac{\pi}{2}\log 2 + \int_0^{\operatorname{arctg} a} y \operatorname{cotg} y\,dy + \int_0^{\operatorname{arccotg} a} y \operatorname{cotg} y\,dy$$

Nach der im Anfange des Artikels 5 angegebenen Formel (1) lassen sich die beiden letzteren Integrale auf die früher durch f bezeichnete Function zurückführen, so dass man die Gleichung erhält:

$$F(a) = \operatorname{arctg} a \,.\, \log a - \frac{\pi}{2}\log 2 + f(\operatorname{arctg} a) + f(\operatorname{arccotg} a)$$

Hieraus folgt z. B.

$$F(1) = -\frac{\pi}{2}\log 2 + 2f\left(\frac{\pi}{4}\right).$$

Wird $\frac{1}{a}$ an die Stelle von a gesetzt und die hierdurch entstehende Gleichung von der vorigen abgezogen, so erhält man wieder

$$F(a) - F\left(\frac{1}{a}\right) = \frac{\pi}{2} \log a.$$

Diese letztere Beziehung stellt zugleich den Werth eines bestimmten Integrals dar. Da nämlich:

$$F(a) = \int_0^1 \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} ax \; ; \; F\left(\frac{1}{a}\right) = \int_0^1 \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x}{a}$$

so folgt:

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \left(\frac{a - \frac{1}{a}}{x + \frac{1}{x}} \right) = \frac{\pi}{2} \log a$$

oder

$$a = b + \sqrt{1 + b^2}$$

gesetzt wird:

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{2bx}{1 + x^2} = \frac{\pi}{2} \log (b + \sqrt{1 + b^2}).$$

Da aber, wenn man $\frac{1}{x}$ für x schreibt, sich die Gleichung:

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{2bx}{1 + x^2} = \int_1^\infty \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{2bx}{1 + x^2}$$

ergibt, so ist ferner auch:

$$\int_0^\infty \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{2bx}{1 + x^2} = \log (b + \sqrt{1 + b^2})$$

Mehrere bestimmte Integrale lassen sich durch die Function F ausdrücken. Dies ist z. B. der Fall mit

$$\int_0^a \frac{x}{\sin x} \, dx \quad \text{und} \quad \int_0^a \frac{x}{\cos x} \, dx.$$

Um dies zu zeigen, setze man in dem erstern Integral:

$$x = 2 \operatorname{arctg} y$$

also

$$dx = \frac{2dy}{1 + y^2} \quad , \quad \sin x = \frac{2y}{1 + y^2}$$

so folgt

$$2\int_0^{\tang\frac{a}{2}} \frac{dy}{y} \operatorname{arctg} y = 2F\left(\tang \frac{a}{2}\right)$$

woraus:

$$\int_0^a \frac{x}{\sin x}\,dx = 2F\left(\tang \frac{a}{2}\right).$$

Das zweite der genannten Integrale erhält durch Zerlegung die Form:

$$\int_0^a \frac{x}{\cos x}\,dx = -\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{x}{\sin x}\,dx + \int_0^{\frac{\pi}{2}-a} \frac{x}{\sin x}\,dx - \frac{\pi}{2}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}-a} \frac{dx}{\sin x}$$

oder, wenn man das letztere Integral ausführt:

$$\int_0^a \frac{x}{\cos x}\,dx = 2F\left(\tang \frac{\pi-2a}{4}\right) - 2F(1) - \frac{\pi}{4}\log \tang \frac{\pi-2a}{4}$$

was zu zeigen war.

8.

Das Integral

$$\varphi(a) = -\int_0^a \frac{dx}{x}\log(1-x) = -\int_{1-a}^1 \frac{dx}{1-x}\log x$$

ist, wie bekannt schon mehrfach Gegenstand ausgedehnter Untersuchungen gewesen. Die bis jetzt bekannten Eigenschaften, welche es, als Function von a betrachtet, besitzt, sind grösstentheils von Landen in seinen Mathematical Memoirs, ferner von Legendre in den Exerc. de calc. intégr. T. I und zwar unter Zugrundelegung der dem Integral entsprechenden Reihenform, sodann von Abel, Oeuvres compl. T. II entwickelt worden.

Den Werth des Integrals für $a = 1$ hat schon Euler ebenfalls vermittelst unendlicher Reihen in den Nov. Commentarii Acad. Petrop. T. XIX gefunden.

Ich will damit beginnen, diesen Werth ausschliesslich auf dem Wege der Transformation bestimmter Integrale abzuleiten, Man hat offenbar die Gleichung:

$$\int_0^b \frac{\operatorname{arctg} y}{1+y^2}\,dy = \frac{1}{2}(\operatorname{arctg} b)^2$$

Wird darin:

$$\operatorname{arctg} y = \int_0^1 \frac{y\,dx}{1 + y^2x^2}$$

gesetzt und macht man die Integration nach y zur ersten, so folgt:

$$\int_0^1 dx \int_0^b \frac{2y\,dy}{(1 + y^2)\,(1 + y^2x^2)} = (\operatorname{arctg} b)^2$$

Zerlegt man den Bruch unter dem Integralzeichen in Partialbrüche und führt dann die Integration nach y aus, so erfolgt:

$$\int_0^1 \frac{dx}{1 - x^2} \log \frac{1 + b^2x^2}{1 + b^2} = -(\operatorname{arctg} b)^2$$

eine Formel, aus welcher sich nun der Werth $\varphi(1)$ wie folgt ableiten lässt. Setzt man nämlich $b = \infty$, so findet sich:

$$\int_0^1 \frac{dx}{1 - x^2} \log x = -\frac{\pi^2}{8}$$

und wenn man hierzu die Gleichung:

$$-\int_0^1 \frac{dx}{1 - x} \log x = \varphi(1)$$

addirt:

$$-\int_0^1 \frac{x\,dx}{1 - x^2} \log x = \varphi(1) - \frac{\pi^2}{8}$$

Das Integral linker Hand geht unmittelbar wieder in $\varphi(1)$ über, wenn man x^2 an die Stelle von x setzt; man erhält nämlich:

$$-\int_0^1 \frac{dx}{1 - x} \log x = 4\,\varphi(1) - \frac{\pi^2}{2}$$

oder also

$$\varphi(1) = 4\,\varphi(1) - \frac{\pi^2}{2}$$

und daraus folgt:

$$\varphi(1) = \frac{\pi^2}{6}$$

Der Zweck der Herleitung dieses Resultats, welches sich später auch noch auf andere Weise ergeben wird, war nur zu zeigen, dass es auch ohne Benützung der Reihen nicht schwer ist, zu demselben zu gelangen.

Ich füge noch hinzu, dass, wenn man in der Gleichung (1)

$$b = \operatorname{tang} \alpha$$

setzt, dieselbe in der Form erscheint:

$$\int_0^1 \frac{dx}{1-x^2} \log (x^2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = - \alpha^2,$$

worin α immer nur ein zwischen 0 und $\frac{\pi}{2}$ liegender Bogen sein kann.

9.

Auf einem Wege, welcher dem oben eingeschlagenen ganz analog ist, gelangt man zu einem andern bestimmten Integrale, welches den Werth von φ (1) ebenfalls liefert und auch sonst bemerkenswerth erscheint.

Aus der Gleichung

$$\int_0^b \frac{\arcsin y}{\sqrt{1-y^2}} dy = \frac{1}{2} (\arcsin b)^2$$

folgt nämlich, wenn darin

$$\arcsin y = \int_0^1 \frac{y\, dx}{\sqrt{1-y^2x^2}}$$

gesetzt und die Integrationsordnung umgekehrt wird und wenn man zugleich auch y für y^2 setzt, die Gleichung:

$$\int_0^1 dx \int_0^{b^2} \frac{dy}{\sqrt{x^2y^2 - (1+x^2)\,y + 1}} = (\arcsin b)^2$$

und durch Ausführung der auf y sich beziehenden Integration

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log \frac{\sqrt{1-b^2x^2} - x\sqrt{1-b^2}}{1-x} = \frac{1}{2} (\arcsin b)^2 \;\ldots (1)$$

Für $b = 1$ folgt hieraus

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log \frac{1+x}{1-x} = \frac{\pi^2}{4}$$

Zieht man hievon die Gleichung

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log (1 - x^2) = -\frac{1}{2} \varphi(1)$$

ab, so ergibt sich

$$-2\int_0^1 \frac{dx}{x} \log (1 - x) = \frac{\pi^2}{4} + \frac{1}{2} \varphi(1)$$

oder

$$2\varphi(1) = \frac{\pi^2}{4} + \frac{1}{2} \varphi(1),$$

woraus wie oben folgt:

$$\varphi(1) = \frac{\pi^2}{6}.$$

Auch findet man zugleich

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log (1 + x) = \int_0^{-1} \frac{dx}{x} \log (1 - x) = \frac{\pi^2}{12}$$

so dass also

$$\varphi(-1) = -\frac{1}{2} \varphi(+1) = -\frac{\pi^2}{12}.$$

Hiernach lässt sich der Gleichung (1) die Form

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log \left(\sqrt{1 - b^2 x^2} - x\sqrt{1 - b^2}\right) = \frac{1}{2} (\arcsin b)^2 - \frac{\pi^2}{6}$$

geben, vermittelst welcher die Reduction eines andern Integrals auf die Function φ bewirkt werden kann. Führt man nämlich statt x eine neue Veränderliche y ein, welche durch die Gleichungen

$$\frac{x\sqrt{1-b^2}}{\sqrt{1-b^2x^2}} = y \quad , \quad x = \frac{y}{\sqrt{1-b^2+b^2y^2}}$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y} - \frac{b^2 y\, dy}{1 - b^2 + b^2 y^2}$$

bestimmt ist, so sind die Integrationsgrenzen bezüglich y wieder 0 und 1 und erhält man

$$\frac{1}{2}\int_0^1 \frac{dx}{x}\log(1-b^2x^2)+\int_0^1\frac{dy}{y}\log(1-y)-\int_0^1\frac{b^2y\,dy}{1-b^2+b^2y^2}\log(1-y)$$
$$=\frac{1}{2}(\arcsin b)^2-\frac{\pi^2}{6}.$$

Da aber

$$\int_0^1 \frac{dx}{x}\log(1-b^2x^2) = -\varphi(b)-\varphi(-b),$$

so kann man auch schreiben

$$-\int_0^1 \frac{b^2y\,dy}{1-b^2+b^2y^2}\log(1-y)=\frac{1}{2}\left\{\varphi(b)+\varphi(-b)+(\arcsin b)^2\right\}$$

Wendet man auf dieses Integral das Verfahren der theilweisen Integration an, so geht es über in

$$-\frac{1}{2}\int_0^1 \frac{dy}{1-y}\log(1-b^2+b^2y^2)$$

oder, wenn man $y = 1-\frac{x}{b}$ setzt,

$$-\frac{1}{2}\int_0^b \frac{dx}{x}\log(1-2bx+x^2),$$

so dass man nunmehr die Gleichung

$$\int_0^b \frac{dx}{x}\log(1-2bx+x^2)=-\left[\varphi(b)+\varphi(-b)+(\arcsin b)^2\right]\dots(2)$$

erhält. Die hierin vorkommende Summe $\varphi(b)+\varphi(-b)$ kann nach einem bekannten Satze durch $\frac{1}{2}\varphi(b^2)$ ausgedrückt werden. Um denselben in Kürze ohne Gebrauch von Reihen zu begründen, bemerke man, dass

$$\varphi(b)+\varphi(-b)=-\int_0^b\frac{dx}{x}\log(1-x)-\int_0^{-b}\frac{dx}{x}\log(1-x)$$

und dass, wenn in dem letztern Integrale $-x$ für x gesetzt wird, die beiden Integrale sich in das einzige

$$-\int_0^b\frac{dx}{x}\log(1-x^2)=-\frac{1}{2}\int_0^{b^2}\frac{dx}{x}\log(1-x)=\frac{1}{2}\varphi(b^2)$$

vereinigen lassen; hieraus ergibt sich, wie behauptet wurde

$$\varphi(b) + \varphi(-b) = \frac{1}{2}\varphi(b^2).$$

Dieses vorausgesetzt, nimmt die Gleichung (2) die Form an

$$\int_0^b \frac{dx}{x} \log(1 - 2bx + x^2) = -\left\{\frac{1}{2}\varphi(b^2) + (\arcsin b)^2\right\}$$

10.

Bevor ich mich weiter mit der Function φ beschäftige, scheint es zweckmässig die folgenden Bemerkungen vorauszuschicken. Aus den bisher gefundenen Resultaten lassen sich nämlich andere ableiten, welche die Werthe mehrerer bestimmten Integrale liefern, die, obgleich sie durch die einfachsten Rechnungen erlangt werden können, meines Wissens noch nicht bemerkt worden sind.

Aus der im Artikel 8 erhaltenen Gleichung

$$\int_0^1 \frac{dx}{1-x^2} \log \frac{1+b^2x^2}{1+b^2} = -(\mathrm{arctg}\, b)^2$$

ergibt sich, wenn man darin

$$x = \frac{y-1}{y+1}, \quad \frac{dx}{1-x^2} = \frac{dy}{y}$$

und so fort

$$b \text{ für } \frac{1-b^2}{1+b^2}, \text{ also } \sqrt{\frac{1-b}{1+b}} \text{ für } b$$

setzt:

$$\int_1^\infty \frac{dy}{y} \log \frac{1+2by+y^2}{(1+y)^2} = -\frac{1}{4}(\arccos b)^2$$

oder, wenn man $\frac{1}{y}$ für y schreibt

$$\int_0^1 \frac{dy}{y} \log \frac{1+2by+y^2}{(1+y)^2} = -\frac{1}{4}(\arccos b)^2.$$

Addirt man diese beiden Gleichungen, so ergibt sich die weitere Bestimmung

$$\int_0^\infty \frac{dx}{x} \log \frac{1+2bx+x^2}{(1+x)^2} = -\frac{1}{2}(\arccos b)^2$$

Früher wurden die Gleichungen

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log (1-x) = \int_0^1 \frac{dx}{1-x} \log x = -\frac{\pi^2}{6}$$

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} \log (1+x) = -\int_0^1 \frac{dx}{1+x} \log x = +\frac{\pi^2}{12}$$

gefunden; setzt man jedesmal in der zweiten Form des Integrals $\frac{1}{x^2}$ für x, so erfolgt

$$\int_1^\infty \frac{\log x}{x} \cdot \frac{dx}{x^2-1} = \frac{\pi^2}{24}$$

$$\int_1^\infty \frac{\log x}{x} \cdot \frac{dx}{x^2+1} = \frac{\pi^2}{48}$$

oder, wenn man theilweise integrirt und bemerkt, dass

$$\int \frac{dx}{x^2} \log \frac{x-1}{x+1} = -\left\{\frac{1}{x} \log \frac{x-1}{x+1} + \log \frac{x^2}{x^2-1}\right\} + \text{Const.}$$

$$\int \frac{dx}{x^2} \operatorname{arctg} x = -\frac{\operatorname{arctg} x}{x} + \log \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} + \text{Const.}$$

nach Einsetzung der Grenzen:

$$\int_1^\infty \frac{dx}{x^2} \log x \,.\, \log \frac{x-1}{x+1} = \frac{\pi^2}{12} - 2 \log 2$$

$$\int_1^\infty \frac{dx}{x^2} \log x \,.\, \operatorname{arctg} x = \frac{\pi^2}{48} + \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2} \log 2.$$

Man kann hierin leicht die Grenzen in 0 und 1 verwandeln, wenn man $\frac{1}{x}$ für x setzt; es ergibt sich dann:

$$\int_0^1 dx \log x \,.\, \log \frac{1-x}{1+x} = -\frac{\pi^2}{12} + 2 \log 2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\int_0^1 dx \log x \,.\, \operatorname{arctg} x = -\frac{\pi^2}{48} - \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \log 2. \quad . \quad . \quad (2)$$

Zur Verification kann man indessen die ersten dieser Gleichungen auch direct und zwar auf die folgende Art herleiten. Es ist offenbar:

$$\int_0^1 dx \log x \log(1-x) = \Big[(x\log x - x + 1)\log(1-x)\Big]_0^1$$
$$+\int_0^1 \frac{dx}{1-x}(1-x+x\log x)$$
$$= 1 - \int_0^1 \log x\, dx + \int_0^1 \frac{dx}{1-x}\log x$$

und ebenso:

$$\int_0^1 dx \log x \log(1+x) = \Big[(x\log x - x)\log(1+x)\Big]_0^1$$
$$-\int_0^1 \frac{dx}{1+x}(x\log x - x)$$
$$= 1 - 2\log 2 - \int_0^1 \log x\, dx + \int_0^1 \frac{dx}{1+x}\log x.$$

Mit Rücksicht auf frühere Resultate folgt hieraus:

$$\int_0^1 dx \log x \log(1-x) = 2 - \frac{\pi^2}{6}$$
$$\int_0^1 dx \log x \log(1+x) = 2 - \frac{\pi^2}{12} - 2\log 2.$$

Zieht man diese beiden Gleichungen von einander ab, so ergibt sich in der That die Gleichung (1) wieder. Durch Addition aber findet man weiter:

$$\int_0^1 dx \log x \log(1-x^2) = 4 - \frac{\pi^2}{4} - 2\log 2.$$

Ausser den im vorigen Art. angegebenen Integralen lassen sich noch die folgenden durch die Function φ darstellen. Bemerkt man nämlich, dass der Bruch:

$$\frac{y}{(1+y^2)(1+x^2y^2)} = \frac{1}{1-x^2}\left(\frac{y}{1+y^2} - \frac{x^2y}{1+x^2y^2}\right)$$

nach y zwischen die Grenzen 0 und ∞ integrirt, zu der Gleichung

$$\int_0^\infty \frac{ydy}{(1+y^2)(1+x^2y^2)} = -\frac{\log x}{1-x^2}$$

führt, so liefert die weitere Integration nach x zwischen den Grenzen 0 und a die Gleichung

$$\int_0^\infty \frac{\operatorname{arctg} ay}{1+y^2}\,dy = -\int_0^a \frac{\log x}{1-x^2}\,dx.$$

Betrachtet man das letztere Integral in der Form

$$\frac{1}{2}\int_0^a \frac{\log x}{1+x}\,dx + \frac{1}{2}\int_0^a \frac{\log x}{1-x}\,dx$$

und integrirt theilweise, so ergibt sich:

$$\frac{1}{2}\log a \log\frac{1+a}{1-a} - \frac{1}{2}\int_0^{-a}\frac{dx}{x}\log(1-x) + \frac{1}{2}\int_0^a \frac{dx}{x}\log(1-x).$$

Es ist also

$$\int_0^\infty \frac{\operatorname{arctg} ax}{1+x^2}\,dx = -\frac{1}{2}\log a \log\frac{1+a}{1-a} + \frac{1}{2}\Big(\varphi(a) - \varphi(-a)\Big)$$

Es verdient bemerkt zu werden, dass auch diese Gleichung verschiedene Formen annehmen kann. Nämlich einmal durch partielles Integriren

$$\int_0^\infty \frac{\operatorname{arctg} x}{1+a^2x^2}\,dx = \frac{\pi^2}{4a} + \frac{1}{2a}\left\{\log a \log\frac{1+a}{1-a} + \varphi(a) - \varphi(-a)\right\}$$

und dann, wenn man tang x für x setzt:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} dx \operatorname{arctg}(a \tang x) = -\frac{1}{2}\left\{\log a \log\frac{1+a}{1-a} + \varphi(a) - \varphi(-a)\right\}$$

u. s. w.

11.

Nach diesen Vorbemerkungen wende ich mich zur Betrachtung der Eigenschaften der Function, welche oben durch die Charakteristik φ bezeichnet worden ist.

Zu den Werthen, welche $\varphi(a)$ für besondere Werthe von a annimmt, und welche zum grossen Theile zuerst Legendre a. a. O. gefunden hat, kann man ebenfalls auf dem Wege der Integralrechnung gelangen. Solche Werthe sind z. B. die folgenden

$$\varphi\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\pi^2}{12} - \frac{1}{2}(\log 2)^2 \quad ; \quad \varphi(1) = \frac{\pi^2}{6}$$

$$\varphi\left(\frac{-1+\sqrt{5}}{2}\right) = \frac{\pi^2}{10} - \left(\log\frac{-1+\sqrt{5}}{2}\right)^2 \quad ; \quad \varphi(-1) = -\frac{\pi^2}{12}$$

Eine grössere Anzahl solcher Werthe sind, wie bekannt, in verschiedenen Abhandlungen, wie z. B. im Journal von Crelle, Bd. 30, mitgetheilt worden.

Eine der allgemeinen Eigenschaften der durch die Gleichung

$$\varphi(a) = -\int_0^a \frac{dx}{x} \log(1-x)$$

bestimmten Function, ist durch die oben bewiesene Gleichung

$$\varphi(a) + \varphi(-a) = \frac{1}{2}\varphi(a^2)$$

ausgedrückt. Zu einer andern, zuerst von Landen bemerkten Eigenschaft gelangt man, ohne von Reihen Gebrauch zu machen, auf folgendem Wege. Offenbar ist

$$\varphi(a) + \varphi(1-a) = -\left\{\int_0^a \frac{dx}{x}\log(1-x) + \int_0^{1-a}\frac{dx}{x}\log(1-x)\right\}$$

Da aber

$$\frac{dx}{x}\log(1-x) + \left(\frac{-dx}{1-x}\right)\log x = d\,.\log x \log(1-x)$$

ein vollständiges Differential ist, so hat man, wie leicht zu sehen, die Gleichung

$$\varphi(a) + \varphi(1-a) = -\left\{\log a \log(1-a) + \int_0^1 \frac{dx}{1-x}\log x\right\}$$

Wird noch bemerkt, dass

$$-\int_0^1 \frac{dx}{1-x}\log x = -\int_0^1 \frac{dx}{x}\log(1-x) = \varphi(1) = \frac{\pi^2}{6}$$

so ergibt sich die bezeichnete Relation in der Form

$$\varphi(a) + \varphi(1-a) = \frac{\pi^2}{6} - \log a \log(1-a).$$

Auf ähnlichem Wege gelangt man zu der weitern, zuerst von Legendre gefundenen Gleichung

$$\varphi(-a) + \varphi\left(\frac{a}{1+a}\right) = -\frac{1}{2}\Big(\log(1+a)\Big)^2$$

Die durch die zwei letzten Gleichungen ausgedrückten Eigenschaften sind jedoch als Besonderheiten in einem Theorem von um-

fassender Allgemeinheit enthalten, welches Abel entdeckt hat und worin zwei von einander unabhängige Grössen in dem Argument der Function φ auftreten. Um dieses merkwürdige Theorem zu reproduciren, kann man, wie dies jedenfalls am passendsten ist, durch eine kleine Änderung des Verfahrens von Abel, ausschliesslich von der Betrachtung bestimmter Integrale ausgehen, und wie folgt verfahren. In der Gleichung

$$\varphi\left(\frac{a}{1-a}\cdot\frac{b}{1-b}\right) = -\int_0^{\frac{a}{1-a}\cdot\frac{b}{1-b}} \frac{dx}{x}\log(1-x)$$

setze man

$$x = \frac{a}{1-a}\cdot\frac{y}{1-y}$$

so ergibt sich

$$\varphi\left(\frac{a}{1-a}\cdot\frac{b}{1-b}\right) = -\int_0^b \left\{\frac{dy}{y}+\frac{dy}{1-y}\right\}\log\frac{1-a-y}{(1-a)(1-y)}$$

Da nun

$$\begin{aligned}\log\frac{1-a-y}{(1-a)(1-y)} &= -\log(1-y)+\log\left(1-\frac{y}{1-a}\right)\\ &= -\log(1-a)+\log\left(1-\frac{a}{1-y}\right)\end{aligned}$$

so ergibt sich, wenn die erste Form mit $\frac{dy}{y}$ und die zweite mit $\frac{dy}{1-y}$ multiplicirt wird:

$$\begin{aligned}\varphi\left(\frac{a}{1-a}\cdot\frac{b}{1-b}\right) =& \int_0^b \frac{dy}{y}\log(1-y) - \int_0^b \frac{dy}{y}\log\left(1-\frac{y}{1-a}\right)\\ &+\int_0^b \frac{dy}{1-y}\log(1-a) - \int_0^b \frac{dy}{1-y}\log\left(1-\frac{a}{1-y}\right)\end{aligned}$$

oder, wie sich nach Ausführung einiger naheliegenden Transformationen schreiben lässt

$$\begin{aligned}\varphi\left(\frac{a}{1-a}\cdot\frac{b}{1-b}\right) =& \int_0^b \frac{dy}{y}\log(1-y) - \int_a^{\frac{b}{1-a}} \frac{dy}{y}\log(1-y)\\ &+\int_0^b \frac{dy}{1-y}\log(1-a) - \int_a^{\frac{a}{1-b}} \frac{dy}{y}\log(1-y)\end{aligned}$$

oder endlich, wenn auch die auf der rechten Seite dieser Gleichung vorkommenden Integrale durch φ ausgedrückt werden

$$\varphi\left(\frac{a}{1-a}\cdot\frac{b}{1-b}\right)$$

$$=\varphi\left(\frac{a}{1-b}\right)+\varphi\left(\frac{b}{1-a}\right)-\varphi(a)-\varphi(b)-\log(1-a)\log(1-b)$$

worin der Abel'sche Satz enthalten ist.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass man die Grössen a und b nur so wählen darf, dass das Argument der Function φ zwischen $-\infty$ und $+1$ enthalten bleibt, weil diese Function sonst unendlich gross würde. Hiernach ist klar, dass a und b überhaupt jeden negativen Werth annehmen dürfen und an die von Abel angegebene Beschränkung, dass in diesem Falle keine jener Grössen die Einheit überschreiten dürfe, nicht gebunden sind. Ist dagegen eine der Grössen a und b positiv, die andere negativ, so kann die positive nur einen zwischen 0 und 1 liegenden Werth, die negative aber alle möglichen Werthe annehmen.

Sind endlich beide Grössen positiv, so müssen beide zwischen 0 und 1 liegen und ausserdem der Bedingung $a+b<1$ genügen.

12.

Ich füge einen zweiten Satz von gleicher Allgemeinheit wie der vorige bei, welcher aber eine andere Gattung von Eigenschaften der bisher betrachteten Function φ umfasst, und von einigem Interesse zu sein scheint. Ich schicke die folgende Bemerkung voraus.

Betrachtet man das Doppelintegral

$$\int_a^b dx\int_\alpha^\beta\frac{dy}{y(x+y)}=\int_\alpha^\beta\frac{dy}{y}\int_a^b\frac{dx}{x+y}$$

mit seiner veränderten Integrationsfolge, so besteht kein Zweifel, dass dasselbe, wenn a, b, α, β, wie ich voraussetze, positive Grössen sind, stets einen endlichen Werth behalten wird. Führt man daher zu beiden Seiten die erste Integration aus, bemerkend dass

$$\frac{1}{y(x+y)}=\frac{1}{x}\left(\frac{1}{y}-\frac{1}{x+y}\right)$$

so erhält man alsbald die Gleichung

$$\int_a^b \frac{dx}{x}\left(\log\frac{\beta}{\alpha} - \log\frac{x+\beta}{x+\alpha}\right) = \int_\alpha^\beta \frac{dy}{y}\log\frac{y+b}{y+a}$$

oder auch

$$\int_a^b \frac{dx}{x}\log\frac{\beta+x}{\alpha+x} + \int_\alpha^\beta \frac{dy}{y}\log\frac{b+y}{a+y} = \log\frac{b}{a}\log\frac{\beta}{\alpha} \quad . \; . \; . \; (1)$$

Zerlegt man nun auf der linken Seite jeden Logarithmus in die Logarithmen des Zählers und Nenners und ändert in jedem der dadurch erhaltenen vier Integrale die Veränderliche in der Weise, dass unter jedem Integral nur der Ausdruck $\frac{dx}{x}\log(1-x)$ vorkommt, so wird man finden

$$\int_{-\frac{\alpha}{b}}^{-\frac{\beta}{b}} \frac{dx}{x}\log(1-x) - \int_{-\frac{\alpha}{a}}^{-\frac{\beta}{a}} \frac{dx}{x}\log(1-x)$$

$$+ \int_{-\frac{a}{\beta}}^{-\frac{b}{\beta}} \frac{dx}{x}\log(1-x) - \int_{-\frac{a}{\alpha}}^{-\frac{b}{\alpha}} \frac{dx}{x}\log(1-x) = -\log\frac{b}{a}\log\frac{\beta}{\alpha}$$

und hieraus ergibt sich, wenn die Integrale durch die Function φ, gemäss deren Definition ausgedrückt werden, die erwähnte Eigenschaft in folgender Gleichung

$$\varphi\left(-\frac{a}{\alpha}\right) + \varphi\left(-\frac{\alpha}{a}\right) + \varphi\left(-\frac{b}{\beta}\right) + \varphi\left(-\frac{\beta}{b}\right)$$

$$-\left[\varphi\left(-\frac{a}{\beta}\right) + \varphi\left(-\frac{\beta}{a}\right) + \varphi\left(-\frac{b}{\alpha}\right) + \varphi\left(-\frac{\alpha}{b}\right)\right] = \log\frac{b}{a}\log\frac{\beta}{\alpha}$$

Für die Annahme $\alpha = a$, $\beta = b$ und mit Rücksicht auf das frühere Ergebniss $\varphi(-1) = -\frac{\pi^2}{12}$ erhält man hieraus die speciellere Gleichung

$$\varphi\left(-\frac{a}{b}\right) + \varphi\left(-\frac{b}{a}\right) = -\frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{2}\left(\log\frac{b}{a}\right)^2$$

Für dieselben Werthe von α und β erhält man aus der Gleichung (1)

$$\int_a^b \frac{dx}{x} \log \frac{b+x}{a+x} = \frac{1}{2} \left(\log \frac{b}{a}\right)^2$$

Durch theilweise Integration lässt sich hieraus eine andere Gleichung bilden, welche die Form hat:

$$(b-a)\int_a^b \frac{\log x\,dx}{(x+a)(x+b)} + \log b \log \frac{2b}{a+b} - \log a \log \frac{a+b}{2a} = \frac{1}{2}\left(\log \frac{b}{a}\right)^2$$

oder, wenn man die Glieder ausserhalb des Integralzeichens soweit es möglich ist, vereinigt, so hat man das bemerkenswerthe Resultat

$$\int_a^b \frac{\log x\,dx}{(x+a)(x+b)} = \frac{1}{2}\,\frac{\log ab}{b-a} \log \frac{(a+b)^2}{4ab}$$

welches den Werth eines neuen bestimmten Integrals darstellt.

13.

Die Betrachtungsweise des vorigen Artikels, welche zu dem darin bewiesenen Satze und zum Werthe eines bestimmten Integrals geführt hat, wird, wie bekannt, in der Theorie der bestimmten Integrale vielfach angewendet. Um dieselbe auf einige Fälle ähnlicher Art anzuwenden, füge ich das Folgende hinzu.

Durch Umkehrung der Integrationsfolge entsteht offenbar die Gleichung

$$\int_a^b dx \int_\alpha^\beta \frac{dy}{(y^2+1)\,(y^2+x^2)} = \int_\alpha^\beta \frac{dy}{(y^2+1)} \int_a^b \frac{dx}{y^2+x^2}$$

und wenn man beachtet, dass

$$\frac{1}{(y^2+1)\,(y^2+x^2)} = \frac{1}{x^2-1}\left(\frac{1}{y^2+1} - \frac{1}{x^2+y^2}\right)$$

so ist offenbar auch:

$$\int_a^b \frac{dx}{x^2-1} \left\{\operatorname{arctg} \beta - \operatorname{arctg} \alpha - \frac{1}{x} \operatorname{arctg} \frac{\beta}{x} + \frac{1}{x} \operatorname{arctg} \frac{\alpha}{x}\right\}$$

$$= \int_\alpha^\beta \frac{dy}{y\,(y^2-1)} \left(\operatorname{arctg} \frac{b}{y} - \operatorname{arctg} \frac{a}{y}\right)$$

oder nach einigen naheliegenden Umformungen

$$\int_a^b \frac{dx}{x} \frac{\operatorname{arctg}\frac{x}{\beta} - \operatorname{arctg}\frac{x}{\alpha}}{x^2 - 1} + \int_\alpha^\beta \frac{dx}{x} \frac{\operatorname{arctg}\frac{x}{b} - \operatorname{arctg}\frac{x}{a}}{x^2 + 1}$$

$$= \frac{1}{2} (\operatorname{arctg} \beta - \operatorname{arctg} \alpha) \log \left(\frac{a+1}{b+1} \cdot \frac{b-1}{a-1}\right)$$

Aus dieser Gleichung folgt, wenn darin $\alpha = a$, $\beta = b$ gesetzt wird.

$$\int_a^b \frac{x\,dx}{x^4-1} \left(\operatorname{arctg}\frac{x}{b} - \operatorname{arctg}\frac{x}{a}\right) = \frac{1}{4} (\operatorname{arctg} b - \operatorname{arctg} a) \log \left(\frac{a+1}{b+1} \cdot \frac{b-1}{a-1}\right)$$

Setzt man dagegen $\alpha = 0$ und $\beta = \infty$ und führt die Integrationen, soweit dies geschehen kann, wirklich aus, schreibt ferner für a und b ihre reciproken Werthe, so gelangt man zu dem Ergebnisse

$$\int_0^\infty \frac{dx}{x} \frac{\operatorname{arctg} ax - \operatorname{arctg} bx}{x^2 + 1} = \frac{\pi}{2} \log \frac{1+a}{1+b}$$

daher auch, für $b = 0$

$$\int_0^\infty \frac{dx}{x} \cdot \frac{\operatorname{arctg} ax}{x^2+1} = \frac{\pi}{2} \log (1 + a).$$

Zu ähnlichen Resultaten führt die Betrachtung der Gleichung

$$\int_a^b dx \int_\alpha^\beta \frac{dy}{(y^2+1)(y^2-x^2)} = \int_\alpha^\beta \frac{dy}{y^2+1} \int_a^b \frac{dx}{y^2-x^2},$$

aus welcher, wenn man auf der linken Seite

$$\frac{1}{(y^2+1)(y^2-x^2)} = \frac{1}{1+x^2} \left\{ -\frac{1}{1+y^2} + \frac{1}{2x} \left(\frac{1}{y+x} - \frac{1}{y-x}\right)\right\}$$

setzt, nach Ausführung der betreffenden Integrationen die Relation

$$\int_a^b \frac{dx}{x(x^2+1)} \log \left(\frac{x+\alpha}{x+\beta} \cdot \frac{x-\beta}{x-\alpha}\right) + \int_\alpha^\beta \frac{dx}{x(x^2+1)} \log \left(\frac{x+a}{x+b} \cdot \frac{x-b}{x-a}\right)$$

$$= 2 (\operatorname{arctg} \beta - \operatorname{arctg} \alpha) (\operatorname{arctg} b - \operatorname{arctg} a)$$

sich ergibt. Keiner der Ausdrücke unter den Integralzeichen wird unendlich, wenn die Intervalle von a bis b, und von α bis β nicht in einander greifen. Wird also nur diese Bedingung erfüllt, so können jene Grenzwerthe willkürlich angenommen werden.

14.

Das Integral

$$f(a, \alpha) = \int_0^a \frac{dx}{x} \log (1 - 2x \cos \alpha + x^2),$$

womit das Folgende sich beschäftigt, ist allgemeiner als das früher mit φ bezeichnete, indem es zwei Grössen a und α enthält und für den besondern Werth $\alpha = 0$ in $\varphi(a)$ übergeht.

Setzt man successive

$$\frac{\pi}{n}, \ \frac{2\pi}{n}, \ \frac{3\pi}{n}, \ \ldots \ \frac{(n-1)\pi}{n} \text{ für } \alpha$$

wo n eine ganze Zahl bezeichnet, und addirt man dann alle so entstehenden Gleichungen, so ergibt sich

$$f\left(a, \frac{\pi}{n}\right) + f\left(a, \frac{2\pi}{n}\right) + f\left(a, \frac{3\pi}{n}\right) + \ldots + f\left(a, \frac{(n-1)\pi}{n}\right)$$
$$= \int_0^a \frac{dx}{x} \log\left(1 - 2x \cos\frac{\pi}{n} + x^2\right) \ldots \left(1 - 2x \cos\frac{(n-1)\pi}{n} + x^2\right)$$

Da nun das Product, auf welches sich das Logarithmenzeichen bezieht $= \dfrac{1 - x^{2n}}{1 - x^2}$ ist, und da

$$\int_0^a \frac{dx}{x} \log \frac{1 - x^{2n}}{1 - x^2} = \frac{1}{2n} \int_0^{a^{2n}} \frac{dx}{x} \log (1 - x) - \frac{1}{2} \int_0^{a^2} \frac{dx}{x} \log (1 - x),$$

so folgt, wenn man wie früher

$$\int_0^b \frac{dx}{x} \log (1 - x) = - \varphi(b)$$

bezeichnet, die merkwürdige Gleichung

$$f\left(a, \frac{\pi}{n}\right) + f\left(a, \frac{2\pi}{n}\right) + f\left(a, \frac{3\pi}{n}\right) + \ldots + f\left(a, \frac{(n-1)\pi}{n}\right)$$
$$= \frac{1}{2} \varphi(a^2) - \frac{1}{2n} \varphi(a^{2n}) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

wobei für $n = 1$ auf der linken Seite 0 zu setzen ist.

Für $a = 1$ erhält man z. B.

$$f\left(1, \frac{\pi}{n}\right) + f\left(1, \frac{2\pi}{n}\right) + f\left(1, \frac{3\pi}{n}\right) + \ldots + f\left(1, \frac{(n-1)\pi}{n}\right) = \left(1 - \frac{1}{n}\right)\frac{\pi^2}{12}$$

Setzt man in $f(a, \alpha)$ successive:

$$\frac{2\pi}{2n+1}, \frac{4\pi}{2n+1}, \frac{6\pi}{2n+1}, \ldots \frac{2n\pi}{2n+1} \text{ für } \alpha,$$

wo n eine ganze Zahl bezeichnet, addirt dann alle betreffenden Gleichungen und berücksichtigt die Gleichung

$$\left(1 - 2x \cos\frac{2\pi}{2n+1} + x^2\right) \ldots \left(1 - 2x \cos\frac{2n\pi}{2n+1} + x^2\right)$$
$$= \frac{1 - x^{2n+1}}{1 - x}$$

so wird man das zu (1) analoge Resultat

$$f\left(a, \frac{2\pi}{2n+1}\right) + f\left(a, \frac{4\pi}{2n+1}\right) + f\left(\frac{6\pi}{2n+1}\right) + \ldots + f\left(a, \frac{2n\pi}{2n+1}\right)$$
$$= \varphi(a) - \frac{1}{2n+1}\varphi\left(a^{2n+1}\right) \ldots \ldots \quad (2)$$

erhalten, woraus z. B. für $a = 1$ folgt

$$f\left(1, \frac{2\pi}{2n+1}\right) + f\left(\frac{4\pi}{2n+1}\right) + f\left(1, \frac{6\pi}{2n+1}\right) + \ldots + f\left(1, \frac{2n\pi}{2n+1}\right)$$
$$= \left(1 - \frac{1}{2n+1}\right)\frac{\pi^2}{6}$$

In gleicher Weise erhält man zwei analoge Formeln, wenn man successive

$$\frac{\pi}{2n}, \frac{3\pi}{2n}, \frac{5\pi}{2n}, \ldots \frac{(2n-1)\pi}{2n}$$
$$\frac{\pi}{2n+1}, \frac{3\pi}{2n+1}, \frac{5\pi}{2n+1}, \ldots \frac{(2n-1)\pi}{2n+1} \text{ für } \alpha$$

setzt und berücksichtigt, dass

$$\left(1 - 2x \cos\frac{\pi}{2n} + x^2\right)\left(1 - 2x \cos\frac{3\pi}{2n} + x^2\right) \ldots$$
$$\left(1 - 2x \cos\frac{(2n-1)\pi}{2n+1} + x^2\right) = 1 + x^{2n}$$

$$\left(1 - 2x \cos\frac{\pi}{2n+1} + x^2\right)\left(1 - 2x \cos\frac{3\pi}{2n+1} + x^2\right) \ldots$$
$$\left(1 - 2x \cos\frac{(2n-1)\pi}{2n+1} + x^2\right) = \frac{1 + x^{2n+1}}{1 + x}$$

Die hieraus hervorgehenden Relationen sind die folgenden:

$$f\left(a, \frac{\pi}{2n}\right) + f\left(a, \frac{3\pi}{2n}\right) + f\left(a, \frac{5\pi}{2n}\right) + \ldots + f\left(a, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right) = -\frac{1}{2n}\varphi(-a^{2n}) \qquad (3)$$

$$f\left(a, \frac{\pi}{2n+1}\right) + f\left(a, \frac{3\pi}{2n+1}\right) + f\left(a, \frac{5\pi}{2n+1}\right) + \ldots + f\left(a, \frac{(2n-1)\pi}{2n+1}\right) = \varphi(-a) - \frac{1}{2n+1}\varphi(-a^{2n+1}) \;\ldots \qquad (4)$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt für $a = 1$

$$f\left(1, \frac{\pi}{2n}\right) + f\left(1, \frac{3\pi}{2n}\right) + f\left(1, \frac{5\pi}{2n}\right) + \ldots + f\left(1, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right) = +\frac{\pi^2}{24n}$$

$$f\left(1, \frac{\pi}{2n+1}\right) + f\left(1, \frac{3\pi}{2n+1}\right) + f\left(1, \frac{5\pi}{2n+1}\right) + \ldots + f\left(1, \frac{(2n-1)\pi}{2n+1}\right) = -\left(1 - \frac{1}{2n+1}\right)\frac{\pi^2}{12}$$

u. s. w.

15.

Das mit $f(a, \alpha)$ bezeichnete Integral kann in eine andere Form gebracht werden. Differentiirt man nämlich dasselbe nach α, so folgt

$$\frac{df(a, \alpha)}{d\alpha} = 2\int_0^a \frac{\sin\alpha\, dx}{1 - 2x\cos\alpha + x^2}$$

und wenn man die Integration ausführt.

$$\frac{df(a, \alpha)}{d\alpha} = 2 \operatorname{arctg} \frac{a \sin\alpha}{1 - a\cos\alpha}.$$

Da überhaupt nur Werthe von a in Betracht kommen, welche numerisch kleiner als die Einheit sind, so wird dieser Ausdruck niemals unstetig. Integrirt man wieder nach α zwischen den Grenzen 0 und α, und bezeichnet mit x die Integrationsveränderliche, so erfolgt

$$f(a, \alpha) = 2\int_0^\alpha dx \,.\, \operatorname{arctg} \frac{a \sin x}{1 - a\cos x} + \text{Const.}$$

Die Integrationsconstante ergibt sich für $\alpha = 0$ aus der Gleichung:

$$f(a, 0) = -2\varphi(a) = \text{Const.}$$

und es ist daher

$$f(a, \alpha) = -2\varphi(a) + 2\int_0^\alpha dx \,.\, \text{arctg} \frac{a \sin x}{1 - a \cos x}$$

welches die oben bemerkte Darstellung ist.

Dieselbe ist geeignet um den Werth des Integrals für gewisse besondere Werthe von a zu ermitteln. So erhält man für $a = 1$

$$\int_0^\alpha \text{arctg}\left(\text{cotg}\frac{x}{2}\right) dx = \frac{1}{2}\alpha\pi - \frac{1}{4}\alpha^2$$

und da $\varphi(1) = \frac{\pi^2}{6}$, so ergibt sich

$$f(+1, \alpha) = -\frac{1}{3}\pi^2 + \alpha\pi - \frac{1}{2}\alpha^2 \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Setzt man $a = -1$ und berechnet

$$\int_0^\alpha \text{arctg}\left(-\text{tang}\frac{x}{2}\right) dx = -\frac{1}{4}\alpha^2$$

berücksichtigt auch, dass $\varphi(-1) = -\frac{\pi^2}{12}$, so findet man weiter

$$f(-1, \alpha) = +\frac{1}{6}\pi^2 - \frac{1}{2}\alpha^2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Den beiden Fällen (1) und (2) lässt sich noch die am Schlusse des Artikels 9 entwickelte Gleichung

$$\int_0^b \frac{dx}{x} \log(1 - 2bx + x^2) = -\left[\frac{1}{2}\varphi(b^2) + (\arcsin b)^2\right]$$

beizählen. Setzt man nämlich $b = \cos\alpha$, so folgt

$$f(\cos\alpha, \alpha) = -\left[\frac{1}{2}\varphi(\cos^2\alpha) + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)^2\right] \; . \; . \; . \quad (3)$$

Aus dieser Gleichung erhält man z. B. für $\alpha = \frac{\pi}{4}$, und in Berücksichtigung, dass

$$\varphi\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{12}\pi^2 - \frac{1}{2}(\log 2)^2$$

das Resultat

$$f\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{\pi}{4}\right) = \frac{5}{48}\pi^2 - \frac{1}{2}(\log 2)^2.$$

Die oben entwickelte Form der Function $f(a, \alpha)$ lässt sich zugleich benutzen, um dieselbe in eine Reihe zu entwickeln. Da nämlich

$$\operatorname{arctg} \frac{a \sin x}{1 - a \cos x} = a \sin x + \frac{a^2}{2} \sin 2x + \frac{a^3}{3} \sin 3x + \ldots$$

so folgt, wenn man die Integration ausführt

$$f(a, \alpha) = -2\varphi(a) + 4\left\{a \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{a^2}{2^2} \sin^2 \frac{2\alpha}{2} + \frac{a^3}{3^2} \sin^2 \frac{3\alpha}{2} + \ldots\right\}$$

eine Reihe, welche immer sehr rasch convergirt, wenn a numerisch kleiner als 1 ist.

Man kann dieser Entwickelung eine andere Form geben. Da nämlich

$$\log(1 - 2x \cos\alpha + x^2) = \\ -2\left\{x \cos\alpha + \frac{x^2}{2} \cos 2\alpha + \frac{x^3}{3} \cos 3\alpha + \ldots\right\}$$

so folgt, wenn man mit $\frac{dx}{x}$ multiplicirt und dann zwischen den Grenzen 0 und a integrirt

$$f(a, \alpha) = \\ -2\left\{a \cos\alpha + \frac{a^2}{2^2} \cos 2\alpha + \frac{a^3}{3^2} \cos 3\alpha + \frac{a^4}{4^2} \cos 4\alpha + \ldots\right\}$$

wie auch Kummer im 21. Bande des Journals von Crelle fand.

16.

Dem soeben betrachteten Integral in gewisser Hinsicht analog ist das folgende

$$f(a, \alpha) = \int_0^a \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin\alpha}{1 - x \cos\alpha}.$$

Um einige seiner Eigenschaften darzulegen, muss ich einen, so viel mir bekannt, noch nicht zur Sprache gekommenen Satz voraus schicken, und gehe zu dem Ende von der bekannten Gleichung

$$\frac{nx^m}{1 + x^{2n}} = \frac{\cos\frac{m\pi}{2n} - x \cos\frac{(m+1)\pi}{2n}}{1 - 2x \cos\frac{\pi}{2n} + x^2} + \frac{\cos 3\frac{m\pi}{2n} - x \cos 3\frac{(m+1)\pi}{2n}}{1 - 2x \cos 3\frac{\pi}{2n} + x^2} + \ldots \\ + \frac{\cos(2n-1)\frac{m\pi}{2n} - x \cos(2n-1)\frac{(m+1)\pi}{2n}}{1 - 2x \cos(2n-1)\frac{\pi}{2n} + x^2}$$

aus, welche so lange giltig bleibt, als m und n ganze Zahlen sind und $m < 2n$ ist. Von dieser Gleichung wird für den speciellen Fall, dass $m = 2n - 1$ in der Integralrechnung öfter Anwendung gemacht, weil sich in diesem Falle beide Seiten der Gleichung unmittelbar durch Logarithmen integriren lassen. Hier jedoch handelt es sich um einen andern Fall, welcher sich auf die Annahme $m = n - 1$ bezieht, und in welchem sich die beiden Seiten durch Kreisbogen integriren lassen. Für diese Annahme hat man nämlich

$$\frac{nx^{n-1}}{1+x^{2n}} =$$

$$\frac{\sin\frac{\pi}{2n}}{1-2\cos\frac{\pi}{2n}+x^2} - \frac{\sin\frac{3\pi}{2n}}{1-2\cos\frac{3\pi}{2n}+x^2} + \frac{\sin\frac{5\pi}{2n}}{1-2\cos\frac{5\pi}{2n}+x^2} - \ldots$$

$$+ (-1)^{n+1} \frac{\sin\frac{(2n-1)\pi}{2n}}{1-2\cos\frac{(2n-1)\pi}{2n}+x^2}$$

und wenn nun nach x von 0 angefangen, integrirt und bemerkt wird, dass

$$\int_0^x \frac{nx^{n-1}\,dx}{1+x^{2n}} = \operatorname{arctg}(x^n), \quad \int_0^x \frac{\sin\alpha\,dx}{1-2x\cos\alpha+x^2} = \operatorname{arctg}\frac{x\sin\alpha}{1-x\cos\alpha}$$

so ergibt sich das folgende bemerkenswerthe Resultat:

$$\operatorname{arctg}(x^n) =$$

$$\operatorname{arctg}\frac{x\sin\frac{\pi}{2n}}{1-x\cos\frac{\pi}{2n}} - \operatorname{arctg}\frac{x\sin\frac{3\pi}{2n}}{1-x\cos\frac{3\pi}{2n}} + \operatorname{arctg}\frac{x\sin\frac{5\pi}{2n}}{1-x\cos\frac{5\pi}{2n}} - \ldots$$

$$+ (-1^{n+1}) \operatorname{arctg}\frac{x\sin\frac{(2n-1)\pi}{2n}}{1-x\cos\frac{(2n-1)\pi}{2n}}$$

wodurch sich der folgende Satz begründen lässt:

Wenn das Integral

$$f(\alpha) = \int_0^\alpha \psi(x) \operatorname{arctg}\frac{x\sin\alpha}{1-x\cos\alpha}\,dx$$

allgemein oder nur für einen bestimmten Werth von α sich finden lässt, so kann auch das Integral

$$A = \int_0^\alpha \psi(x) \operatorname{arctg}(x^n)\,dx$$

worin n irgend eine positive ganze Zahl bezeichnet, in endlicher Form ausgedrückt werden und zwar vermöge der Gleichung

$$A = f\left(\frac{\pi}{2n}\right) - f\left(\frac{3\pi}{2n}\right) + f\left(\frac{5\pi}{2n}\right) - \dots + (-1)^{n+1} f\left(\frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$

Von diesem, wie man sieht, in seiner Art sehr allgemeinen Satze lässt sich auf das im Eingange dieses Artikels bezeichnete Integral unmittelbar Anwendung machen. Man braucht zu dem Ende nur

$$\psi(x) = \frac{1}{x}$$

zu setzen, wofür

$$A = \int_0^a \frac{dx}{x} \operatorname{arctg}(x^n)$$

oder, wenn man x für x^n setzt,

$$A = \frac{1}{n} \int_0^{a^n} \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} x$$

sich ergibt. Hieraus folgt nun, bezüglich des vorliegenden Integrals der Satz:

Wenn

$$f(a, \alpha) = \int_0^a \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin \alpha}{1 - x \cos \alpha}$$

und, wie in Artikel 7

$$F(b) = \int_0^b \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} x = f\left(b, \frac{\pi}{2}\right)$$

gesetzt und durch n irgend eine positive ganze Zahl bezeichnet wird, so findet die Gleichung Statt:

$$f\left(a, \frac{\pi}{2n}\right) - f\left(a, \frac{3\pi}{2n}\right) - \dots + (-1)^{n+1} f\left(a, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$
$$= \frac{1}{n} f\left(a^n, \frac{\pi}{2}\right)$$

Nun wurde aber im Artikel 7 gezeigt, dass

$$F(b) - F\left(\frac{1}{b}\right) = \frac{\pi}{2} \log b, \text{ oder also } f\left(b, \frac{\pi}{2}\right) - f\left(\frac{1}{b}, \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2} \log b$$

setzt man also in der vorigen Gleichung $\frac{1}{a}$ für a und zieht die neu erhaltene Gleichung von jener ab, so ergibt sich weiter:

$$f\left(a, \frac{\pi}{2n}\right) - f\left(a, \frac{3\pi}{2n}\right) \;.\;.\; + (-1)^{n+1} f\left(a, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$

$$= f\left(\frac{1}{a}, \frac{\pi}{2}\right) - f\left(\frac{1}{a}, \frac{3\pi}{2n}\right) \;.\;.\; + (-1)^{n+1} f\left(\frac{1}{a}, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$

$$+ \frac{\pi}{2} \log a.$$

Für die Annahme $\psi(x) = 1$ hätte man

$$A = \int_0^a \operatorname{arctg}(x^n)\, dx$$

erhalten. etc.

17.

Die Function $f(a, \alpha)$, von welcher soeben die Rede war, besitzt noch eine andere bemerkenswerthe Eigenschaft. Da nämlich

$$f(a, \alpha) = \int_0^a \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin \alpha}{1 - x \cos \alpha} = \int_0^1 \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{ax \sin \alpha}{1 - a\, x \cos \alpha}$$

so ergibt sich, wenn man die letztere Form dem Verfahren der theilweisen Integration unterwirft, die Gleichung

$$f(a, \alpha) = -\int_0^1 \frac{a \sin \alpha \log x \,.\, dx}{1 - 2\, ax \cos \alpha + a^2x^2} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (1)$$

welche, wenn $\frac{1}{x}$ für x gesetzt wird, in die folgende

$$f(a, \alpha) = \int_1^\infty \frac{a \sin \alpha \log x\, dx}{a^2 - 2\, ax \cos \alpha + x^2}$$

übergeht. Dieses Integral ist mit Ausnahme seiner Grenzen, genau dasselbe wie das vorhergehende, wenn man $\frac{1}{a}$ für a setzt; es ist daher

$$f\left(\frac{1}{a}, \alpha\right) = \int_1^\infty \frac{a \sin \alpha \log x \,.\, dx}{1 - 2\, ax \cos \alpha + a^2x^2} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (2)$$

und man findet durch Abziehen der Gleichungen (1) und (2)

$$f(a, \alpha) - f\left(\frac{1}{a}, \alpha\right) = -\int_0^\infty \frac{a \sin \alpha \log x \,.\, dx}{1 - 2\, ax \cos \alpha + a^2x^2}$$

Dieses Integral lässt sich aber in zwei andere zerlegen, wovon eines von a unabhängig ist und das andere, wie sogleich gezeigt werden soll, unmittelbar sich finden lässt. Wird zu dem Ende x für ax gesetzt, so hat man offenbar

$$f(a, \alpha) - f\left(\frac{1}{a}, \alpha\right)$$

$$= \log a \sin \alpha \int_0^\infty \frac{dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2} - \sin \alpha \int_0^\infty \frac{\log x\, dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2}$$

woraus für $a = 1$ folgt:

$$\int_0^\infty \frac{\log x\, dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

Da ferner

$$\int_0^\infty \frac{dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2} = \frac{\pi - \alpha}{\sin \alpha}$$

so gelangt man zu der Relation

$$f(a, \alpha) - f\left(\frac{1}{a}, \alpha\right) = (\pi - \alpha) \log a.$$

Das gelegentlich dieser Betrachtung gefundene Integral (3) lässt sich direct auf die folgende Art herleiten. Betrachtet man nämlich zuerst

$$\int_0^1 \frac{\log x\, dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2} = u$$

und setzt $\frac{1}{x}$ für x, so folgt

$$\int_1^\infty \frac{\log x\, dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2} = -u$$

und wenn man diese beiden Gleichungen addirt

$$\int_0^\infty \frac{\log x\, dx}{1 - 2x \cos \alpha + x^2} = 0,$$

wie oben gefunden wurde.

Wie nun bewiesen ist, kann man $f\left(\frac{1}{a}, \alpha\right)$ berechnen, sobald $f(a, \alpha)$ gegeben ist. Hiernach genügt es, die Werthe dieser Function nur für Werthe von a zu berechnen, welche kleiner als die Einheit sind, um sie auch für alle grösseren Werthe von a zu kennen.

Vorausgesetzt es sei $a < 1$, so kann man $f(a, \alpha)$ in eine Reihe entwickeln. Es ist nämlich

$$\operatorname{arctg} \frac{x \sin \alpha}{1 - x \cos \alpha} = x \sin \alpha + \frac{x^2}{2} \sin 2\alpha + \frac{x^3}{3} \sin 3\alpha + \ldots$$

folglich, wenn man mit $\frac{dx}{x}$ multiplicirt und dann von $x = 0$ bis $x = a$ integrirt

$$f(a, \alpha) = a \sin \alpha + \frac{a^2}{2^2} \sin 2\alpha + \frac{a^3}{3^2} \sin 3\alpha + \frac{a^4}{4^2} \sin 4\alpha + \ldots$$

eine Reihe, welche unter der gemachten Voraussetzung immer convergirt. Auch diese Reihe fand Kummer im 21. Bande des Journals von Crelle.

18.

Mit dem soeben erörterten Integrale steht das folgende

$$f(a, \alpha) = \int_0^\infty \frac{dx}{1 + x^2} \log \left(1 - 2e^{-ax} \cos \alpha + e^{-2ax}\right)$$

nicht nur bezüglich der Form, sondern auch in Hinsicht der Haupteigenschaften in Analogie, und verdient in Kürze hier betrachtet zu werden. Setzt man darin

$$\frac{\pi}{2n}, \frac{3\pi}{2n}, \frac{5\pi}{2n}, \ldots \frac{(2n-1)\pi}{2n} \text{ für } \alpha$$

und addirt die daraus erhaltenen Gleichungen, so entsteht unter dem Integralzeichen das Product

$$\left(1 - 2e^{-ax} \cos \frac{\pi}{2n} + e^{-2ax}\right) \left(1 - 2e^{-ax} \cos \frac{3\pi}{2n} + e^{-2ax}\right) \ldots$$
$$\ldots \ldots \left(1 - 2e^{-ax} \cos \frac{(2n-1)\pi}{2n} + e^{-2ax}\right)$$

welches nach einer in Artikel 14 angeführten Gleichung durch

$$1 + e^{-2nax}$$

dargestellt werden kann, so dass sich die Gleichung ergibt

$$f\left(a, \frac{\pi}{2n}\right) + f\left(a, \frac{3\pi}{2n}\right) + f\left(a, \frac{5\pi}{2n}\right) + \ldots f\left(a, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$
$$= \int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2} \log\left(1 + e^{-2nax}\right)$$

Das letztere Integral kann aber, wie nun gezeigt werden soll, durch die Gammafunction ausgedrückt werden. Um hierzu zu gelangen, ist es am kürzesten von einer Formel auszugehen, welche Binet im Journal de l'écolepolytechn. T. XVI entwickelt hat, und welcher sich die Form

$$\int_0^\infty \frac{dx}{e^{2\pi x}-1} \operatorname{arctg} \frac{x}{r} =$$
$$\frac{1}{2} \log \Gamma(r) - \frac{1}{4} \log 2\pi + \frac{r}{2} - \frac{1}{2}\left(r - \frac{1}{2}\right) \log r$$

geben lässt. Durch theilweise Integration aber findet man

$$\int_0^\infty \frac{dx}{e^{2\pi x}-1} \operatorname{arctg} \frac{x}{r} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2} \log\left(1 - e^{-2\pi rx}\right)$$

wobei rechter Hand zugleich rx für x gesetzt worden ist. Die obige Gleichung erhält hiernach die Form

$$\int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2} \log\left(1 - e^{-2\pi rx}\right) =$$
$$\pi \left\{\log \Gamma(r) - \frac{1}{2} \log 2\pi + r - \left(r - \frac{1}{2}\right) \log r\right\}$$

und wenn man hierin $2r$ für r setzt

$$\int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2} \log\left(1 - e^{-4\pi rx}\right) =$$
$$\pi \left\{\log \Gamma(2r) - \frac{1}{2} \log 2\pi + 2r - \left(2r - \frac{1}{2}\right) \log 2r\right\}$$

Zieht man die beiden letzteren Gleichungen von einander ab, so ergibt sich nunmehr

$$\int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2} \log\left(1 + e^{-2\pi rx}\right) =$$
$$\pi \left\{\log \frac{\Gamma(2r)}{\Gamma(r)} + r - r \log r - \left(2r - \frac{1}{2}\right) \log 2\right\}$$

oder, wenn $2\pi r = 2na$ also $r = n\,\frac{a}{\pi}$ gesetzt wird

$$\int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2}\log\left(1+e^{-2nax}\right) =$$

$$\pi\left\{\log\frac{\Gamma\left(\frac{2na}{\pi}\right)}{\Gamma\left(\frac{na}{\pi}\right)} + \frac{na}{\pi}\left(1-\log\frac{na}{\pi}\right) - \left(\frac{2na}{\pi}-\frac{1}{2}\right)\log 2\right\}.$$

Dieses Integral hat nun genau die aus der Summirung der Functionswerthe $f(a, \alpha)$ hervorgegangene Form, und es ist hierdurch der Satz nachgewiesen:

Das Integral

$$f(a, \alpha) = \int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2}\log\left(1-2e^{-ax}\cos\alpha+e^{-2ax}\right)$$

hat die Eigenschaft, dass:

$$f\left(a, \frac{\pi}{2n}\right) + f\left(a, \frac{3\pi}{2n}\right) + f\left(a, \frac{5\pi}{2n}\right) + \cdots + f\left(a, \frac{(2n-1)\pi}{2n}\right)$$

$$= \pi\left\{\log\frac{\Gamma\left(\frac{2na}{\pi}\right)}{\Gamma\left(\frac{na}{\pi}\right)} + \frac{na}{\pi}\left(1-\log\frac{na}{\pi}\right) - \left(\frac{2na}{\pi}-\frac{1}{2}\right)\log 2\right\}$$

Ähnliche Sätze ergeben sich, wenn für α successive

$$\frac{\pi}{n},\ \frac{2\pi}{n},\ \frac{3\pi}{n},\ \ldots\ \frac{(n-1)\pi}{n}$$

$$\frac{2\pi}{2n+1},\ \frac{4\pi}{2n+1},\ \frac{6\pi}{2n+1},\ \ldots\ \frac{2n\pi}{2n+1}$$

$$\frac{\pi}{2n+1},\ \frac{3\pi}{2n+1},\ \frac{5\pi}{2n+1},\ \ldots\ \frac{(2n-1)\pi}{2n+1}$$

gesetzt und dann auf ähnliche Art wie früher verfahren wird.

19.

Die beiden Integrale

$$\int_0^x \frac{dx}{x}\log\left(1-2x\cos\lambda+x^2\right),\quad \int_0^x \frac{dx}{x}\operatorname{arctg}\frac{x\sin\lambda}{1-x\cos\lambda}$$

von welchen in den Artikeln 14 und 16 die Rede war, zeichnen sich noch durch andere als die dort nachgewiesenen Eigenschaften aus,

wie im Folgenden gezeigt werden soll. Für das erstere besteht der folgende Satz:

Wenn

$$f(x, \lambda) = \int_0^x \frac{dx}{x} \log(1 - 2x\cos\lambda + x^2)$$

und der Kürze wegen

$$A = \sqrt{1 - 2a\cos\lambda + a^2}, \quad \alpha = \operatorname{arctg}\frac{\sin\lambda}{\cos\lambda - a}$$

$$B = \sqrt{1 - 2b\cos\lambda + b^2}, \quad \beta = \operatorname{arctg}\frac{\sin\lambda}{\cos\lambda - b}$$

gesetzt wird, wo α und β zwei, zwischen 0 und π liegende Bogen bezeichnen, so findet die Gleichung Statt:

$$f\left(\frac{a}{A}\cdot\frac{b}{B}, \alpha + \beta\right) = f\left(\frac{a}{B}, \beta\right) + f\left(\frac{b}{A}, \alpha\right) - f(a, \lambda) - f(b, \lambda)$$
$$- 2\log A \log B + 2(\alpha - \lambda)(\beta - \lambda) \qquad \text{(I)}$$

Es verdient bemerkt zu werden, dass dieser Satz den in Artikel 11 bewiesenen Satz von Abel als besondern Fall in sich enthält. Um dies zu zeigen, braucht man nur $\lambda = 0$ zu setzen, wofür

$$\alpha = 0, \quad \beta = 0 \quad \text{und} \quad A = 1 - a, \quad B = 1 - b,$$

sowie

$$\frac{1}{2} f(x, 0) = -\varphi(x) = \int_0^x \frac{dx}{x} \log(1 - x)$$

wird, und wodurch man unmittelbar die Abel'sche Gleichung wieder findet.

Der Beweis des Satzes bedarf keiner nähern Ausführung, denn er ist Schritt für Schritt dem Beweise analog, durch welchen im Artikel 11 der Satz von Abel begründet worden ist.

Ich bemerke nur noch, dass die in Artikel 15 angeführte Formänderung der hier in Rede stehenden Function auch auf andere Art und zwar wie folgt erhalten werden kann. Integrirt man nämlich den Ausdruck

$$\frac{\sin y \, dx \, dy}{1 - 2x\cos y + x^2}$$

nach x und y zwischen von einander unabhängigen Grenzen und macht man zugleich von dem Satze über die Umkehrung der Integrationsfolge Gebrauch, so ergibt sich die Gleichung

$$\int_0^x dx \int_0^\lambda \frac{\sin y\, dy}{1 - 2x \cos y + x^2} = \int_0^\lambda \sin y\, dy \int_0^x \frac{dx}{1 - 2x \cos y + x^2}$$

oder, da sich die erste Integration auf beiden Seiten ausführen lässt:

$$\frac{1}{2}\int_0^x \frac{dx}{x} \log \frac{1 - 2x \cos \lambda + x^2}{1 - 2x + x^2} = \int_0^\lambda \operatorname{arctg} \frac{x \sin y}{1 - x \cos y}\, dy,$$

woraus man sogleich findet, dass:

$$f(x, \lambda) = f(x, 0) + 2\int_0^\lambda \operatorname{arctg} \frac{x \sin y}{1 - x \cos y}\, dy,$$

was mit dem entsprechenden Resultate des Artikels 15 übereinstimmt.

Setzt man $\pi - \lambda$ für λ, so wird

$$f(a, \pi - \lambda) = \int_0^a \frac{dx}{x} \log (1 + 2x \cos \lambda + x^2).$$

Addirt man hierzu die Gleichung

$$f(a, \lambda) = \int_0^a \frac{dx}{x} \log (1 - 2x \cos \lambda + x^2),$$

so erfolgt

$$f(a, \lambda) + f(a, \pi - \lambda) = \int_0^a \frac{dx}{x} \log (1 - 2x^2 \cos 2\lambda + x^4)$$

oder, wenn man x für x^2 setzt

$$f(a, \lambda) + f(a, \pi - \lambda) = \frac{1}{2} f(a^2, 2\lambda). \tag{II}$$

Setzt man dagegen $\pi - \lambda$ für λ und zugleich $-a$ für a, und wenn dies geschehen, $-x$ für x, so erhält man weiter

$$f(-a, \pi - \lambda) = f(a, \lambda) \tag{III}$$

Setzt man ferner einmal $-a$ für a, und dann $\pi-\lambda$ für λ, so ergibt sich noch die Gleichung

$$f(-a, \lambda) = f(a, \pi - \lambda). \qquad \text{(IV)}$$

Man kann daher der Gleichung (II) auch die Form

$$f(a, \lambda) + f(-a, \lambda) = \frac{1}{2} f(a^2, 2\lambda)$$

geben, auf welche ich alsbald zurückkommen werde.

20.

Für das Integral

$$\int_0^x \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin\lambda}{1 - x\cos\lambda}$$

findet ein dem soeben angeführten ganz analoger Satz Statt, dessen Beweis sich ebenfalls genau in der, Artikel 11 bezeichneten Art führen lässt, und daher nicht weiter erläutert zu werden braucht.

Satz. Wenn

$$f(x, \lambda) = \int_0^x \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin\lambda}{1 - x\cos\lambda}$$

und wenn der Kürze wegen

$$A = \sqrt{1 - 2a\cos\lambda + a^2}, \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{\sin\lambda}{\cos\lambda - a}$$

$$B = \sqrt{1 - 2b\cos\lambda + b^2}, \quad \beta = \operatorname{arctg} \frac{\sin\lambda}{\cos\lambda - b}$$

gesetzt wird, und unter α, β Bogen zwischen den Grenzen 0 und π verstanden werden, so findet die Gleichung Statt:

$$f\left(\frac{a}{A}\cdot\frac{b}{B}, \alpha+\beta\right) = f\left(\frac{a}{B}, \beta\right) + f\left(\frac{b}{A}, \alpha\right) - f(a, \lambda) - f(b, \lambda)$$
$$+ (\beta - \lambda)\log A + (\alpha - \lambda)\log B \qquad \text{(I)}$$

Man kann auch dem vorhin bezeichneten Integral eine andere Form geben, und zwar durch ein Verfahren, welches dem im vorigen Art. angewendeten analog ist. In der That, wenn man den Ausdruck

$$\frac{(\cos y - x)\, dx\, dy}{1 - 2x \cos y + x^2}$$

zwischen constanten Grenzen integrirt und zugleich die Integrationsfolge umkehrt, so ergibt sich

$$\int_0^x dx \int_0^\lambda \frac{(\cos y - x)\, dy}{1 - 2x \cos y + x^2} = \int_0^\lambda dy \int_0^x \frac{(\cos y - x)\, dx}{1 - 2x \cos y + x^2}$$

oder, wenn auf jeder Seite die erste Integration ausgeführt wird:

$$\int^x \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin \lambda}{1 - x \cos \lambda} = -\frac{1}{2} \int_0^\lambda \log (1 - 2x \cos y + x^2)\, dy$$

In ähnlicher Weise bestehen auch für das vorliegende Integral die Gleichungen (II) bis (IV) des vorigen Artikels.

Man hat nämlich

$$f(a, \pi - \lambda) = \int_0^a \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x \sin \lambda}{1 + x \cos \lambda}$$

daher

$$f(a, \lambda) - \quad (a, \pi - \lambda) = \int_0^a \frac{dx}{x} \operatorname{arctg} \frac{x^2 \sin 2\lambda}{1 - x^2 \cos 2\lambda}$$

oder also

$$f(a, \lambda) - f(a, \pi - \lambda) = \frac{1}{2} f(a^2, 2\lambda). \qquad \text{(II)}$$

Wird aber $\pi - \lambda$ für λ und zugleich $-a$ für a gesetzt, hierauf x in $-x$ verwandelt, so erfolgt

$$f(-a, \pi - \lambda) = -f(a, \lambda). \qquad \text{(III)}$$

Weiter setze man einmal $-a$ für a und dann $\pi - \lambda$ für λ, so ergibt sich die Gleichung

$$f(-a, \lambda) = -f(a, \pi - \lambda) \qquad \text{(IV)}$$

so dass der Gleichung (II) auch die folgende Form:

$$f(a, \lambda) + f(-a, \lambda) = \frac{1}{2} f(a^2, 2\lambda)$$

gegeben werden kann, welche mit der am Schlusse des vorigen Artikels erhaltenen vollkommen übereinstimmt, was bei den übrigen Gleichungen nur mit Ausnahme des Zeichens der Fall ist.

21.

Die beiden Gleichungen, welche sich am Schlusse der zwei vorigen Artikel als den daselbst erörterten Integralen gemeinschaftlich ergeben haben, führen auf die folgende Reihenentwickelung.

Da nämlich:

$$f(a, \lambda) + f(-a, \lambda) = \frac{1}{2} f(a^2, 2\lambda)$$

$$\frac{1}{2} f(a^2, 2\lambda) + \frac{1}{2} f(-a^2, 2\lambda) = \frac{1}{4} f(a^4, 4\lambda)$$

$$\frac{1}{4} f(a^4, 4\lambda) + \frac{1}{4} f(-a^4, 4\lambda) = \frac{1}{8} f(a^8, 8\lambda)$$

. . . .

so ergibt sich, wenn man alle diese Gleichungen addirt, unter der Voraussetzung, dass a numerisch kleiner als die Einheit sei, die folgende Entwickelung

$$f(a,\lambda) + \frac{1}{2}f(-a^2,2\lambda) + \frac{1}{4}f(-a^4,4\lambda) + \frac{1}{8}f(-a^8,8\lambda) + \ldots = 0$$

welche in's Unendliche fortgeht.

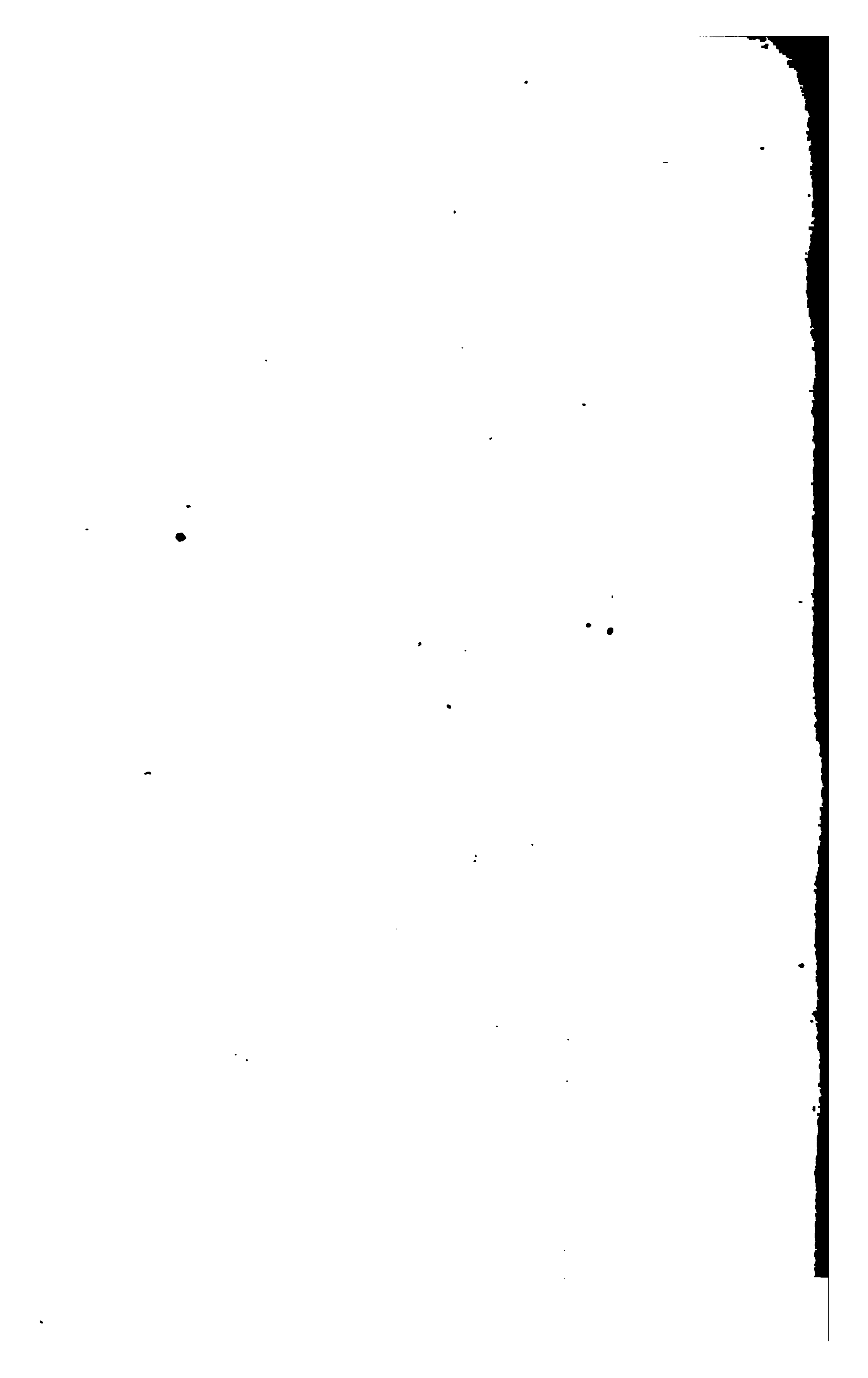
Zum Schlusse glaube ich bemerken zu müssen, dass ausser der bereits angeführten Abhandlung von Kummer auch eine besondere

Schrift von Hill, welche 1830 in Lund unter dem Titel; *Specimen exercitii analytici, functionem integralem*

$$\int_0^x \frac{dx}{x} \log (1 + 2x \cos a + x^2)$$

etc. erschienen ist, mit den zwei Transcendenten sich beschäftigt, von welchen soeben die Rede war, und welche, wie man sieht, das Interesse der Mathematiker mit Recht in Anspruch nehmen.





Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September, ein Heft welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden Ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung, Karl Gerold's Sohn zu beziehen.



SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND. III. HEFT.

Jahrgang 1861. — März.

(Mit 1 Tafel.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Geb[illegible] der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1861.

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

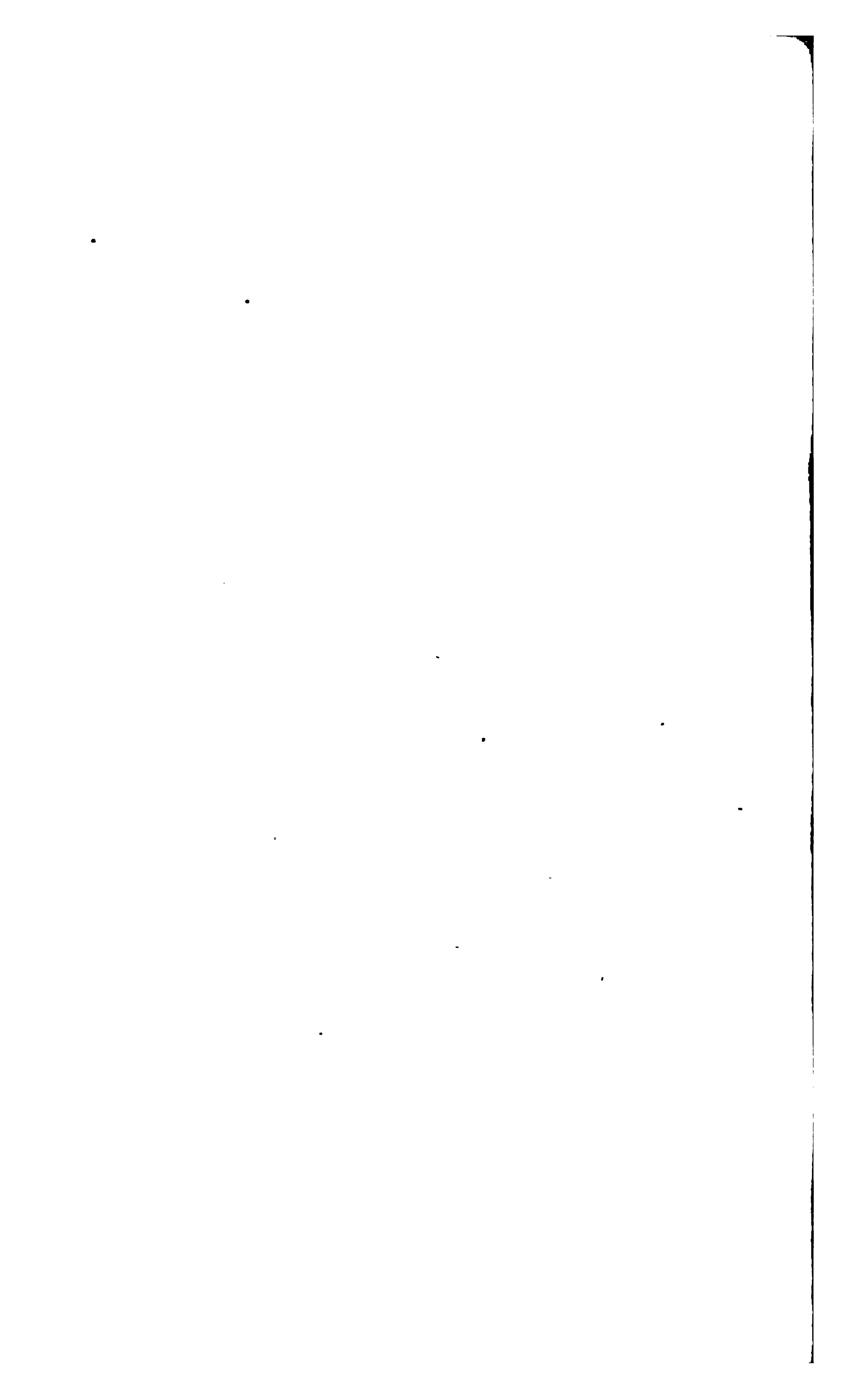
KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.



VII. SITZUNG VOM 7. MÄRZ 1861.

Prof. Schrötter zeigt Carré's Apparat zur Erzeugung von Eis und erläutert den Gebrauch desselben.

Das c. M., Herr Dr. Hornstein, übergibt eine Abhandlung: „Über die Bahn der Concordia" von Herrn R. Sonndorfer.

Das c. M., Herr Prof. Dr. Suess, überreicht eine Abhandlung des k. k. Oberstlieutenants, Herrn K. v. Sonklar, betitelt: „Der grosse Schuttkegel von Wiener-Neustadt".

Ferner übergibt Prof. Suess, eine von ihm verfasste Abhandlung: „Über die grossen Raubthiere der österreichischen Tertiär-Ablagerungen".

Herr Dr. G. Tschermak spricht über die Beziehungen zwischen der Verbrennungswärme und dem relativen Volumen chemischer Verbindungen.

Derselbe legt ferner vor: „Analyse eines dem Hydrophan ähnlichen Minerals von Theben", und: „Die Krystallformen des schwefelsauren Hydrokali" ($KH SO_4$).

Herr Zenger, Gymnasiallehrer zu Neusohl, überreicht eine Abhandlung: „Theorie der Krystallisation der Grundstoffe".

Die königl. physikalisch-ökonomische Gesellschaft zu Königsberg übersendet das 1. Heft ihrer „Schriften" und wünscht mit der Akademie einen Schriftentausch einzuleiten.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei, Atti. Anno XIII, Sessione V[a]. Roma, 1860; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Schwedische, zu Stockholm, Handlingar, Ny Följd. II[a] Bandet, 2[a] Häftet. 1858; 4[o] — Öfversigt af Köngl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. XVI[de] Årgången, 1859; 8[o] — Meteorologiska Jakttagelser i Sverige, af Er. Edlund. I[a] Bandet, 1859. Stockholm, 1860; 4[o] — Eugenies Resa. Zoologi. IV. Stockholm, 1859; 4[o] — Mitgliederverzeichniss. Maj 1860; 8[o] — Friesen, Johan Otto von, Öfversigt af Sveriges Ornithologiska Litteratur. Akademisk Afhandling, Stockholm, 1860; 8[o]

Annalen der Königl. Sternwarte bei München. XII. Band. München, 1860; 8[o]

Annales des mines, 5[me] série. Tome XVII, 2[e] Livraison. Paris, 1860; 8[o]

Astronomische Nachrichten, Nr. 1295 und 1296. Altona, 1861; 4[o]

Austria, XIII. Jahrgang, VIII. und IX. Heft. Wien, 1861; 8[o]

Belloti, C., Risultato delle osservazioni microscopiche fatte sulle uova di bachi da seta dal settembre 1860 a tutto gennajo 1861. (Estr. dal Nr. 455 del Giornale „La Perseveranza".)

Carl, Ph., Untersuchungen über die thermoelektrischen Ströme. Mit 1 lithogr. Tafel. München, 1860; 8[o]

Cornalia, Emilio, Sui caratteri che presenta il seme sano dei bachi da seta e come questo si possa distinguere dal seme infetto. (Estr. dagli Atti della Società italiana di scienze naturali, Vol. II.) Milano, 1860; 8[o]

Cosmos, X[e] Année, 18[e] Volume, 8[e] und 9[e] Livraison. Paris, 1861; 8[o]

Crédit minier, Le, Journal des intérêts Métallurgiques et Manufacturiers. 1[re] Année, Nr. 6, 7 & 8. Paris, 1861; 4[o]

Gesellschaft, k. k. mähr. schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde in Brünn, Mittheilungen, Jahrgang 1860. Brünn; 4[o]

— der Wissenschaften, Königl. zu Göttingen, Göttingische gelehrte Anzeigen. Band I—III auf das Jahr 1860. Göttingen; 8[o] Nachrichten von der Georg-August-Universität und der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Vom Jahre 1860, Nr. 1—29. Göttingen; 8[o]

Gesellschaft, k. k. zoologisch-botanische, in Wien, Verhandlungen. Jahrgang 1860. X. Band. Mit 13 Tafeln. Wien, 1860; 8°.

Graham, J. D., A Lunar Tidal Wave in Lake Michigan. Philadelphia, 1860; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer. Herausgegeben von G. F. Walz und F. L. Winckler. Band XV, Heft 1. Heidelberg, 1861; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 7. Wien, 1861; Kl. 4°.

Liwczak, Joseph, Einige Worte in Angelegenheit eines neuentdeckten Grundprincipes für den allgemeinen Gebrauch der bewegenden Kräfte in der praktischen Mechanik. Lemberg, 1861; 8°.

Löwenthal, Eduard, System und Geschichte des Naturalismus, oder: Neueste Forschungsresultate. I. System des Naturalismus. Leipzig, 1861; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. Jahrgang 1861, Heft II. Gotha, 1861; 4°.

Sallenave, Traité théorique et pratique sur l'épuisement de l'économie humaine, ainsi que sur les maladies chroniques, qui ont cette origine. Avec un formulaire spécial. 2e édition. Bordeaux & Libourne, 1860; 8°.

Schmidt, Gustav, Die Gesetze und die Kräfte der relativen Bewegung in der Ebene. Mit Holzschnitten. Wien, 1861; 8°.

Société Impériale des sciences naturelles de Cherbourg, Mémoires. Tome VII, 1859. Paris et Cherbourg, 1860; 8°.

— de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, Mémoires. Tome XV, 2me partie. Genève et Paris, 1860; 4°.

Société Royale des sciences de Liège, Mémoires. Bruxelles et Paris, 1860; 8°.

Volpicelli, Paolo, Teorica della compensazione de' pendoli. (Estr. dagli Atti della accademia de' Nuovi Lincei Tomo XIII) Roma, 1860; 4°. — Di uno stereoscopio diaframmatico. (Estr. dagli Atti della accademia de' Nuovi Lincei, Sessione IV, dell' Anno IX, del 30 aprile 1854.) Roma 1854; 4° — Formules électrométriques. Paris; 4°. — Intorno ad Alessandro Barone di Humboldt necrologico cenno. (Estr. dagli Atti della accademia de' Nuovi Lincei,

Sessione I, dell' Anno XIII. dell 4 dicembre 1859.) Roma, 1860; 4°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 8 und 9. Wien, 1860; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. X. Jahrgang, Nr. 9. Gratz, 1861; 4°.

Über die Bahn der Concordia.

Von R. Sonndorfer.

(Vorgelegt von dem correspondirenden Mitgliede Herrn Dr. Hornstein.)

Der Planet Concordia, der 58. in der Gruppe der Asteroiden, wurde am 24. März 1860 von Dr. Luther zu Bilk entdeckt. Ungefähr ein Stern 11. Grösse wurde derselbe in der Opposition sehr spärlich beobachtet, und nur von den zwei Observatorien Berlin und Königsberg bis gegen Ende Mai verfolgt. Herr Director Dr. Bruhns leitete aus drei Berliner Beobachtungen, die nur den Zeitraum von 12 Tagen umfassten, genäherte Elemente ab, und theilte dieselben nebst einer Ephemeride in den astronomischen Nachrichten Nr. 1256 mit, um den Planeten während der ersten Sichtbarkeit mit Leichtigkeit verfolgen zu können. Um die Wiederauffindung des Planeten in der nächsten Erscheinung zu ermöglichen, entschloss ich mich eine Bahnbestimmung durchzuführen, welche sich auf sämmtliche mir bekannte Beobachtungen der ersten Sichtbarkeit gründet. Ich benützte ausser den in den astronomischen Nachrichten veröffentlichten Bilker und Bonner Beobachtungen noch die mir von den Herren Dr. Förster und Dr. Auwers gütigst mitgetheilten Berliner und Königsberger Beobachtungen, und leitete nun aus vier Orten, welche den ganzen Zeitraum der ersten Sichtbarkeit umfassen, eine neue genauere Bahn ab, deren Elemente die folgenden sind:

Epoche 1860, Jänner 0, 0^h Berlin.

$$
\begin{aligned}
M &= 344^\circ\ 20'\ 29''05 \\
\pi &= 177\quad 55\quad 57\cdot84 \\
\Omega &= 161\quad 21\quad 35\cdot67 \\
i &= 5\quad2\quad 57\cdot79 \\
\varphi &= 2\quad 17\quad 51\cdot54 \\
\log.\ e &= 8\cdot6030448 \\
\log.\ a &= 0\cdot4302050 \\
\mu &= 802''9694
\end{aligned}
\quad \left.\begin{matrix}\pi\\ \Omega\\ i\end{matrix}\right\}\ \text{mittl. Äquin. } 1860\cdot0
$$

Mit diesem Elementensysteme entwarf ich eine genaue siebenstellige Ephemeride über die ganze Dauer der Beobachtungen, und erhielt durch Vergleichung derselben mit den Beobachtungen folgendes Tableau, wo die Abweichungen in Rectascension ($d\alpha$) und Declination ($d\,\delta$) im Sinne „Beobachtung weniger Rechnung" verstanden sind.

Nr.	Datum (mittlere Berliner Zeit)	Beobachtungsort	Beobachtung—Rechnung	
			$d\alpha$	$d\delta$
1	1860, April 9·46	Bilk	+ 8"8	− 1"9
2	„ 9·53	„	+ 7·2	− 1·8
3	„ 10·49	Bonn	+10·6	−11·6
4	„ 10·49	Bilk	+ 7·8	− 0·4
5	„ 10·56	Berlin	− 0·8	− 7·5
6	„ 11·39	Bonn	+ 9·9	− 4·1
7	„ 11·54	Berlin	− 0·4	− 8·2
8	„ 12·43	Bilk	+12·2	− 8·2
9	„ 12·50	Bonn	+ 9·5	− 6·7
10	„ 13·48	„	+ 7·7	− 5·0
11	„ 13·49	Berlin	+ 0·7	− 7·3
12	„ 14·54	Königsberg	+ 6·1	− 7·4
13	„ 15·42	„	+ 5·7	− 9·3
14	„ 15·48	Bonn	+11·7	− 4·4
15	„ 15·48	Berlin	+ 1·8	− 4·3
16	„ 16·38	Bonn	+ 8·2	− 4·4
17	„ 16·47	Berlin	+ 0·2	− 5·3
18	„ 22·49	„	− 5·4	− 5·9
19	„ 23·49	Königsberg	+ 3·3	− 8·7
20	„ 23·50	Berlin	− 7·2	− 7·2
21	„ 24·43	Königsberg	+ 4·1	− 4·6
22	„ 27·54	Berlin	− 1·3	− 6·5
23	„ 28·46	Königsberg	+ 6·6	− 7·7
24	Mai 10·44	Berlin	−13·8	− 3·6
25	„ 13·46	„	−15·1	− 2·3
26	„ 15·51	„	− 7·1	− 5·0
27	„ 17·50	„	− 1·2	+ 2·3
28	„ 18·44	„	− 0·1	+ 1·6
29	„ 19·44	Königsberg	− 4·4	− 3·1
30	„ 22·46	Berlin	− 0·8	+ 0·5

Anmerkung. Nr. 24 und 25 Berlin. Die Fehler in Rectascension sind rücksichtlich der anderen Berliner Beobachtungen ungewöhnlich gross. Der Grund dürfte in einer Eigenbewegung des Vergleichssternes liegen. Da nun beide Beobachtungen mit Nr. 26 in einen Normalort vereinigt werden mussten, so gab ich den Fehlern in Rectascension nur halbes Gewicht, um ihnen keinen zu grossen Einfluss zu gewähren.

Diese Abweichungen theilte ich in folgende 5 Gruppen, bei welchen wegen des geringen Ganges der Fehler für das Datum einer jeden Gruppe der dem arithmetischen Mittel der Zeiten nächstliegende Tagesanfang gesetzt wurde.

Gruppe	Nr.	Datum	$d\alpha$	$d\delta$
I	1—9	April 11 . . .	+7ˢ31	−5ˢ60
II	10—17	„ 15 . . .	+5·28	−5·90
III	18—23	„ 25 . . .	+0·00	−6·77
IV	24—26	Mai 13 . . .	−7·16	−3·64
V	27—30	„ 19 . . .	−1·38	+0·32

Diese Werthe an dem entsprechenden Orte der Ephemeride angebracht, geben folgende 5 Normalorte, bezogen auf das scheinbare Äquinoctium des daneben stehenden Tages:

		AR.	Decl.
I	1860, April 11 . . .	177° 23′ 0ˢ62	+4° 40′ 48ˢ81
II	„ 15 . . .	176 50 11·95	4 59 48 86
III	„ 25 . . .	175 50 44·40	5 34 42·47
IV	Mai 13 . . .	175 34 31·54	5 50 17·59
V	„ 19 . . .	175 55 0·35	5 42 45·63

Fügt man zu diesen 5 Normalorten noch die isolirte Bilker Beobachtung vom 24. März als ersten Normalort hinzu, so erhält man schliesslich, dieselben in Länge und Breite verwandelt und auf das mittlere Äquinoctium 1860·0 zurückgeführt, folgende 6 Normalorte:

		Geoc. Länge	Geoc. Breite
I	1860, März 24·5194 . . .	179° 17′ 26ˢ32	+2°48′ 33ˢ60
II	April 11	175 43 45·79	3 15 9·03
III	„ 15	175 6 8·39	3 19 33·87
IV	„ 25	173 57 47·74	3 28 1·74
V	Mai 13	173 36 42·66	3 35 53·72
VI	„ 19	173 58 25·52	3 36 39·27

Ich legte nun durch den zweiten und letzten Normalort mittelst den aus obigem Elementensysteme folgenden geocentrischen Distanzen eine Bahn, deren Elemente (I) folgende sind.

Epoche 1860, Januar 0, 0ʰ Berl.

$M = 344°\ 24'\ 5''24$

$\Pi = 177\ \ 51\ \ 23·76$ ⎫
$\Omega = 161\ \ 12\ \ 49·55$ ⎬ mittl. Äquin. 1860·0
$i = 5\ \ 1\ \ 9·65$ ⎭

$\varphi = 2\ \ 15\ \ 58·72$

$$log.\ e = 8\cdot5970836$$
$$log.\ a = 0\cdot4299612$$
$$\mu = 803''6460$$

und welche in den Normalorten folgende Fehler zurücklässt:

	$d\lambda$	$d\beta$
I	—12″91	—11″88
II	— 0·24	— 0·27
III	— 0·52	+ 2·26
IV	— 2·00	+ 7·39
V	— 3·86	+17·06
VI	+ 0·12	+ 0·01

Um die Fehler, welche besonders in Declination ungewöhnlich gross sind, herabzubringen, suchte ich durch successive Änderung des Logarithmus der beiden geocentrischen Distanzen um 3000 Einheiten der siebenten Decimalstelle zwei neue Systeme, welche nachstehende Unterschiede in den Elementen

	(II — I) Hyp.	(III — I) Hyp.
δM	-4° 21′ 2″38	+4° 45′ 40″09
$\delta \Pi$	+4 46 21·88	—5 10 55·63
$\delta \Omega$	- 1 55·92	+ 2 20·75
$\delta \iota$	— 15·25	+ 27·18
$\delta \varphi$	+ 4 2·44	— 2 33·19
$\delta\, lg\, a$	+ 0·0008653	— 0·0005989

und in den geocentrischen Orten

Normalort	in den Längen μ	in den Längen η	in den Breiten ν	in den Breiten θ
I . . .	—12″35	+7″50	+0″24	—1″59
II . . .	+ 0·13	—0·12	+0·12	+0·00
III . . .	+ 2·78	—0·46	—0·85	+0·09
IV . . .	+ 4·96	—0·05	—0·88	+0·14
V . . .	+ 1·65	—6·25	—0·24	—0·57
VI . . .	— 0·17	+0·00	+0·00	+0·01

hervorriefen. Um den wahrscheinlichsten Werth der Corrections-Factoren zu erhalten, braucht man nach Hornstein [1]) nur die Grösse

$$\Sigma D^2 = \Sigma \left\{ (d\lambda - \mu x - \eta y)^2 \cos\beta^2 + (d\beta - \nu x - \theta y)^2 \right\}$$

[1]) Bestimmung der Bahn des I. Cometen d. J. 1847 in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Classe, Jahrgang 1854, Märzheft.

zu einem Minimum zu machen. Die Rechnung durchgeführt gibt

$$x = +0\cdot782$$
$$y = +0\cdot206$$

Da die Änderungen der Elemente sehr bedeutend sind, so suchte ich das wahrscheinlichste Elementensystem nicht durch Interpolation, sondern durch directe Rechnung aus den sich ergebenden wahrscheinlichsten geocentrischen Distanzen.

Es ist folgendes:

Epoche 1860, Jänner 0, 0ʰ Berlin

$$\begin{aligned}
M &= 342^\circ\ 11'\ 2''07 \\
\Pi &= 180\ \ 17\ \ 25\cdot46 \\
\Omega &= 161\ \ 11\ \ 41\cdot27 \\
\iota &= 5\ \ 1\ \ 2\cdot44 \\
\varphi &= 2\ \ 18\ \ 7\cdot58 \\
\log. e &= 8\cdot6038857 \\
\log. a &= 0\cdot4304687 \\
\mu &= 802''2385
\end{aligned}$$

(Π, Ω, ι: mittl. Äquin. 1860·0)

Die übrigbleibenden Fehler in den Normalorten, controlirt durch directe Vergleichung mit den neuen Elementen, sind:

	$d\lambda$	$d\beta$
I	−4″29	−12″44
II	− 0·27	− 0·25
III	−1·51	+ 2·37
IV	−4·13	+ 7·62
V	−5·00	+17·09
VI	+0·23	+ 0·01

Man sieht, dass das wahrscheinlichste Elementensystem die Fehler in Declination fast ungeändert lässt. Um diese Abweichungen etwas gleichförmiger über den ganzen Bogen der Bahn zu vertheilen, änderte ich etwas die Lage der Bahnebene. Bei Durchführung dieser Rechnung setzte ich nicht π sondern $(\pi - \Omega)$ constant. Als wahrscheinlichste Änderungen dieser 2 Elemente ergaben sich

$$d\,\Omega = -1''44$$
$$d\,\iota = +4\cdot26$$

Mittelst der so geänderten Elemente sind die übrigbleibenden unvermeidlichen Fehler, welche sich durch directe Vergleichung

genau übereinstimmend mit den aus den Bestimmungsgleichungen resultirenden ergeben

Normalort	in Länge	in Breite
I	−1·76	−14·81
II	+2·19	− 2·99
III	+0·92	− 0·43
IV	−1·83	+ 4·72
V	−2·88	+14·09
VI	+2·25	− 3·02

Die zwei ungewöhnlich grossen Fehler in Declination des ersten und fünften Normalortes verlieren bedeutend an Gewicht, wenn man berücksichtiget, dass Normalort I eine isolirte Beobachtung ist, und Normalort V nur aus drei Beobachtungen besteht, unter welchen sich jene zwei oben namhaft gemachten Berliner Beobachtungen befinden; und werden an den Elementen gewiss eine so geringe Änderung hervorrufen, dass dies für die nächste Erscheinung von unbedeutendem Einflusse bleibt.

Bei der nun folgenden Oppositions-Ephemeride habe ich keine Störungen berücksichtiget. Schliesslich theile ich auch noch eine genäherte Jahresephemeride mit, abgeleitet aus dem Elementensysteme, welches zur Vergleichung der Beobachtungen benützt wurde, um den scheinbaren Lauf des Planeten am Himmel durch ein continuirliches Bild verbinden zu können.

Oppositions-Ephemeride der Concordia.

0^h m. Z. Berlin.

Datum			Scheinbarer geocentrischer Ort		Log. d. Entfernung von der Erde
			Rectascension	Declination	
1861,	Juli	1	19h 42m 12s63	−15° 3′ 16″6	0·239245
	„	2	41 23·20	5 47·0	
	„	3	40 33·19	8 21·9	
	„	4	39 42·63	11 1·4	
	„	5	38 51·57	13 44·6	0·236701
	„	6	38 0·05	16 32·1	
	„	7	37 8·06	19 23·6	
	„	8	36 15·66	22 18·8	

Datum			Scheinbarer geocentrischer Ort						Log. d. Entfernung von der Erde
			Rectascension			Declination			
1861,	Juli	9	19h	35m	22·90	—15°	25'	17"6	0·235216
	„	10		34	29·85		28	19·7	
	„	11		33	36·60		31	25·1	
	„	12		32	43·21		34	33·5	
	„	13		31	49·73		37	44·7	0·234818
	„	14		30	56·25		40	58·6	
	„	15		30	2·80		44	14·9	
	„	16		29	9·46		47	33·5	
	„	17		28	16·29		50	54·1	0·235516
	„	18		27	23·34		54	16·7	
	„	19		26	30·68	—15	57	41·1	
	„	20		25	38·36	—16	1	7·0	
	„	21		24	46·45		4	34·3	0·237298
	„	22		23	54·99		8	2·9	
	„	23		23	4·05		11	32·6	
	„	24		22	13·68		15	3·2	
	„	25		21	23·93		18	34·6	0·240134
	„	26		20	34·85		22	6·5	
	„	27		19	46·50		25	39·0	
	„	28		18	58·93		29	11·8	
	„	29		18	12·20		32	44·8	0·243985
	„	30		17	26·35		36	17·9	
	„	31		16	41·42		39	50·8	
	August	1		15	57·46		43	23·5	
	„	2		15	14·53		46	55·8	0·248797
	„	3		14	32·68		50	27·5	
	„	4		13	51·95		53	58·6	
	„	5		13	12·38	—16	57	28·8	
	„	6		12	34·00	—17	0	58·1	0·254504
	„	7		11	56·86		4	26·4	
	„	8		11	21·00		7	53·5	
	„	9		10	46·46		11	19·3	
	„	10		10	13·27		14	43·7	0·261025
	„	11		9	41·45		18	6·6	
	„	12		9	11·03		21	27·8	
	„	13	19h	8	42·04	—17	24	47·4	

Datum	Scheinbarer geocentrischer Ort						Log. d. Entfernung von der Erde
	Rectascension			Declination			
1861, August 14	19h	8m	14s48	—17°	28'	5"1	0·268270
„ 15		7	48·37		31	21·0	
„ 16		7	23·75		34	35·0	
„ 17		7	0·64		37	46·9	
„ 18		6	39·04		40	56·8	0·276146
„ 19		6	18·96		44	4·5	
„ 20		6	0·41		47	10·0	
„ 21		5	43·42		50	13·2	
„ 22		5	27·98		53	14·0	0·284560
„ 23		5	14·09		56	12·4	
„ 24		5	1·76	—17	59	8·4	
„ 25		4	51·01	—18	2	1·8	
„ 26		4	41·84		4	52·8	0·293428
„ 27		4	34·24		7	41·1	
„ 28		4	28·22		10	26·8	
„ 29		4	23·77		13	9·7	
„ 30		4	20·90		15	49·8	0·302670
„ 31		4	19·61		18	27·1	
Septemb. 1		4	19·91		21	1·5	
„ 2		4	21·80		23	32·9	
„ 3		4	25·28		26	1·3	0·312210
„ 4		4	30·34		28	26·6	
„ 5		4	36·96		30	48·9	
„ 6		4	45·13		33	8·0	
„ 7		4	54·84		35	23·8	0·321973
„ 8		5	6·09		37	36·5	
„ 9		5	18·88		39	45·9	
„ 10		5	33·20		41	51·9	
„ 11		5	49·04		43	54·6	0·331887
„ 12		6	6·38		45	53·9	
„ 13		6	25·18		47	49·8	
„ 14		6	45·46		49	42·2	
„ 15		7	7·18		51	31·1	0·341890
„ 16		7	30·34		53	16·5	
„ 17		7	54·91		54	58·4	
„ 18	19	8	20·87	—18	56	36·7	

Datum	Scheinbarer geocentrischer Ort		Log. d. Entfernung von der Erde
	Rectascension	Declination	
1861, Septemb. 19	19h 8m 48·21	−18° 58' 11·4	0·351924
„ 20	9 16·92	−18 59 42·5	
„ 21	9 46·99	−19 1 10·0	
„ 22	10 18·40	2 33·7	
„ 23	10 51·13	3 53·7	0·361947
„ 24	11 25·17	5 10·0	
„ 25	12 0·51	6 22·4	
„ 26	12 37·13	7 31·0	
„ 27	13 15·01	8 35·8	0·371919
„ 28	13 54·13	9 36·6	
„ 29	14 34·48	10 33·6	
„ 30	15 16·06	11 26·6	
Octob. 1	15 58·85	12 15·6	0·381804
„ 2	19 16 42·84	−19 13 0·6	

☍ in AR. am 13. Juli 5h 45m mittl. Berl. Zeit. Helligkeit 0·95.

Der Planet Concordia erschien in der letzten Erscheinung nach den Schätzungen Dr. Förster's und Dr. Auwer's als ein Stern 11·6 Grösse. Da die Helligkeit in der nächsten Erscheinung nur etwas kleiner ist als in der vorigen, in Folge der kleinen Excentricität der Bahn, so wird der Planet nahezu dieselbe Grösse haben.

Jahresephemeride der Concordia.

0h mittl. Berl. Zt.	Scheinbare		Log. der Entfernung	
	Rectascension	Declination	(58) von ☉	(58) von ♁
1861, Jänner 0	17h 3m 47s	−19° 0'9	0·4237	0·5470
„ 10	17 21 51	19 17·6	0·4243	0·5400
„ 20	17 39 37	19 25·5	0·4250	0·5315
„ 30	17 56 58	19 24·9	0·4256	0·5213
Februar 9	18 13 46	19 16·4	0·4263	0·5095
„ 19	18 29 52	19 0·8	0·4270	0·4960
März 1	18 45 11	18 38·8	0·4277	0·4810
„ 11	18 59 30	18 11·6	0·4284	0·4643
„ 21	19 12 42	17 40·6	0·4290	0·4459
„ 31	19 24 37	17 7·0	0·4297	0·4261

0h mittl. Berl. Zt.			Scheinbare						Log. der Entfernung	
			Rectascension			Declination			(58) von ☉	(58) von ♂
1861,	April	10	19h	35m	2s	—16°	32'5		0·4304	0·4049
	„	20	19	43	47	15	58·9		0·4311	0·3824
	„	30	19	50	39	15	28·1		0·4317	0·3591
	Mai	10	19	55	22	15	1·9		0·4324	0·3354
	„	20	19	57	45	14	42·3		0·4331	0·3119
	„	30	19	57	38	14	31·1		0·4337	0·2896
	Juni	9	19	54	57	14	29·6		0·4344	0·2695
	„	19	19	49	52	14	38·5		0·4350	0·2508
	„	29	19	42	46	14	57·0		0·4356	0·2413
	Juli	9	19	34	19	15	23·6		0·4363	0·2357
	„	19	19	25	26	15	52·9		0·4369	0·2369
	„	29	19	17	9	16	30·8		0·4375	0·2448
	August	8	19	10	19	17	5·9		0·4381	0·2585
	„	18	19	5	40	17	38·9		0·4386	0·2771
	„	28	19	3	31	18	8·6		0·4392	0·2989
	September	7	19	4	1	18	33·6		0·4397	0·3229
	„	17	19	7	3	18	53·4		0·4403	0·3478
	„	27	19	12	25	19	7·1		0·4408	0·3728
	October	7	19	19	51	19	14·6		0·4413	0·3972
	„	17	19	29	7	19	14·2		0·4418	0·4207
	„	27	19	39	52	19	7·8		0·4423	0·4428
	November	6	19	51	55	18	53·1		0·4427	0·4634
	„	16	20	5	0	18	30·5		0·4431	0·4824
	„	26	20	18	55	17	59·8		0·4435	0·4997
	December	6	20	33	31	17	21·4		0·4439	0·5153
	„	16	20	48	37	16	35·3		0·4443	0·5291
	„	26	21	4	3	15	41·5		0·4447	0·5411
	„	36	21	19	39	—14	40·0		0·4450	0·5503

Analyse eines dem Hydrophan ähnlichen Minerals von Theben.

Von **Dr. G. Tschermak.**

Das Nachstehende enthält die Resultate der Untersuchung eines Minerals, das Herr Professor Unger im vorigen Jahre in den Meerschaumgruben bei Theben in Griechenland gesammelt hatte.

Das Mineral ist derb, von unvollkommen muschligem Bruche bei matter Bruchfläche, von weisser Farbe; seine Härte ungefähr = 5. Es haftet stark an der Zunge, wird im Wasser durchscheinend. In pulverförmigem Zustande wird es von Säuren kaum angegriffen, dagegen beim Digeriren mit Kalilauge zum grossen Theile aufgelöst.

Bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes mittelst des Pyknometers wurde die Luft aus dem Minerale durch Kochen des umgebenden Wassers sorgfältig entfernt. Es bestimmte sich das durch 3·418 Gramme des Minerals bei 21° C. verdrängte Wasser zu 1·618 Grm., für 1·411 Grm. des Minerals war jene Differenz bei 20° C. gleich 0·667 Grm., daraus ergibt sich

$$s = 2 \cdot 11$$

bei 0° C.

Die qualitative Untersuchung der Substanz erwies blos die Gegenwart von Kieselsäure, Wasser, Magnesia. Es wurden hierauf von der gepulverten Substanz 1·261 Grm. aufgeschlossen, und die Menge der erhaltenen Kieselsäure zu 1·082 Grm., die Menge der phosphorsauren Magnesia zu 0·174 Grm. bestimmt. Andererseits wurden 1·214 Grm. des Minerals in heftigem Feuer geglüht; der Gewichtsverlust betrug 0·114 Grm. Dieses auf Procente berechnet ergibt für die Zusammensetzung des Minerals:

Kieselsäure	85·8
Wasser	9·4
Magnesia	4·9
	100·1

Die Untersuchung wurde im Laboratorium des Herrn Professors Redtenbacher ausgeführt.

Die Krystallformen des schwefelsauren Hydrokali ($KHSO_4$).

Von Dr. G. Tschermak.

(Mit 1 Tafel.)

Das schwefelsaure Hydrokali, welches bei der freiwilligen Zersetzung des äthylschwefelsauren Kali entsteht, zeigt flächenreichere Combinationen als das auf directem Wege entstandene. Durch Versetzen einer alkoholischen Kalilösung mit Schwefelsäure und nachherigem Eindampfen erhält man ebenfalls derlei Krystalle. Meine Beobachtungen an denselben erweisen das Vorhandensein von fünf Formen, welche von Marignac nicht beobachtet worden waren. Es sind dieses die in den Figuren 1, 2, 3 mit *b, f, k, l, n* bezeichneten Flächen. Wird das von Marignac angenommene Axenverhältniss

$$a : b : c = 0{\cdot}8611 : 1 : 1{\cdot}9347$$

der Rechnung zu Grunde gelegt, so stellt sich das Resultat im Vergleiche zu den von mir im Laboratorium des Herrn Professors Schrötter ausgeführten Messungen wie folgt:

	Winkel der Normalen gerechnet	Winkel der Normalen gemessen
$o : o'$ =	37° 16'	37° 18'
$g : o$ =	45 53	45 55
$c : o$ =	71 22	71 22
$c : m$ =	44 40	44 46
$c : g$ =	62 40	62 36
$r : r$ =	60 16	60 19
$d : e$ =	17 40	17 40
$b : l$ =	32 26	32 22

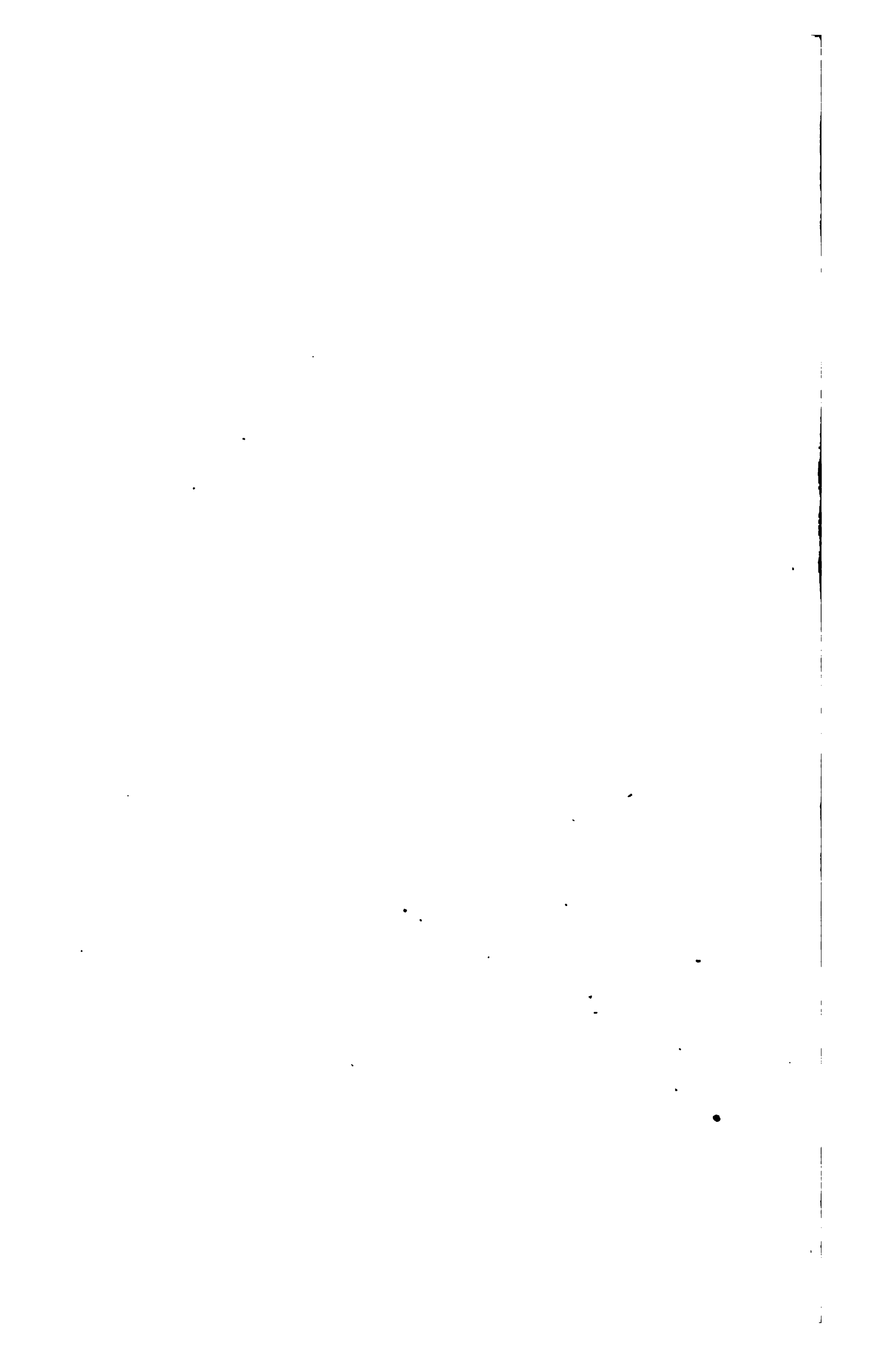
Die Projection in Fig. 4 fasst die bisher beobachteten Flächen zusammen, und es ist

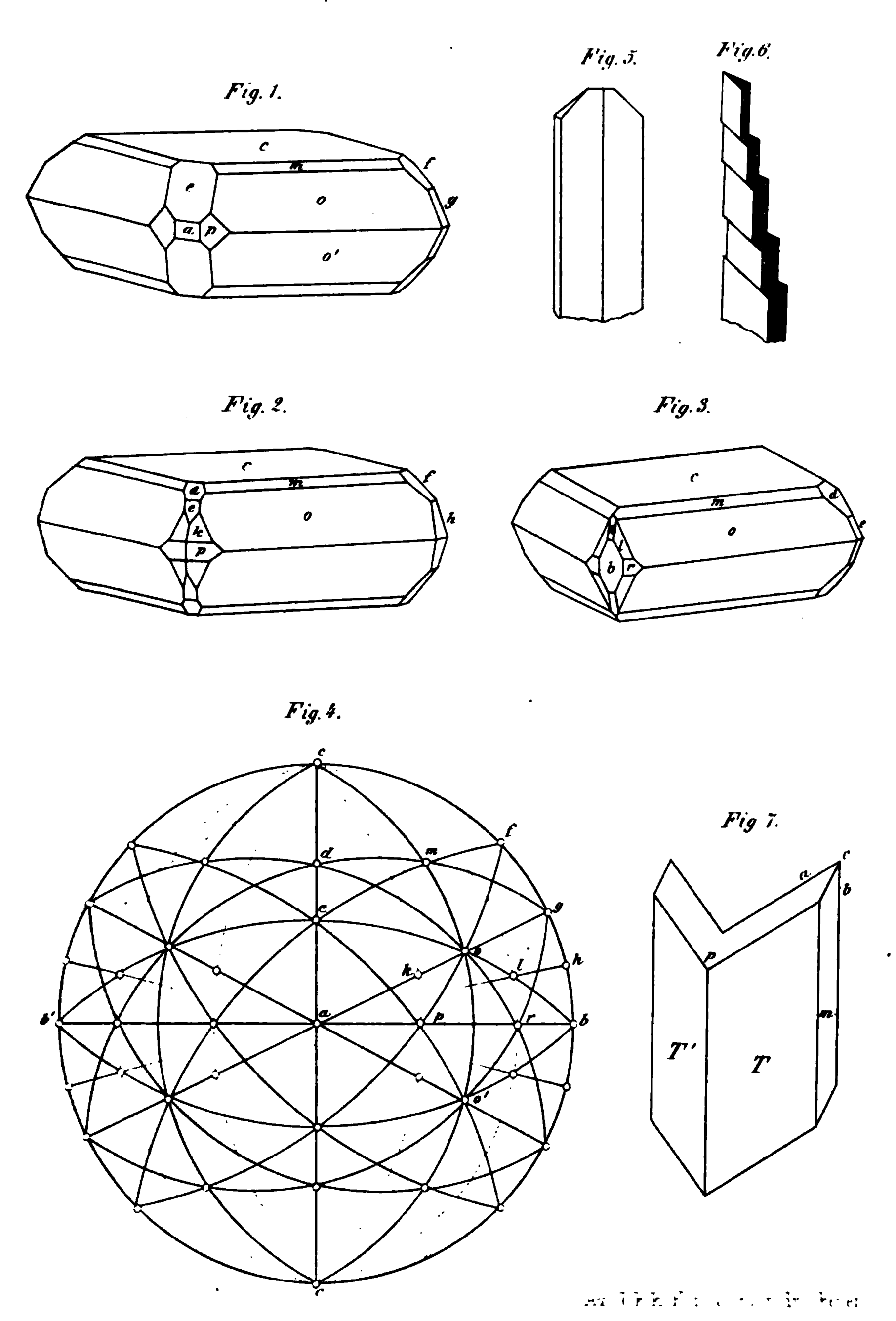
	Miller	Naumann		Miller	Naumann
a =	100 =	$\infty\bar{P}\infty$	k =	211 =	$2\bar{P}2$
b =	010 =	$\infty\breve{P}\infty$	l =	121 =	$2\breve{P}2$
c =	001 =	oP	p =	210 =	$\infty\bar{P}2$
o =	111 =	P	r =	120 =	$\infty\breve{P}2$
e =	101 =	$\bar{P}\infty$	f =	012 =	$\frac{1}{2}\breve{P}\infty$
g =	011 =	$\breve{P}\infty$	h =	021 =	$2\breve{P}\infty$
m =	113 =	$\frac{1}{3}P$			

Wenn das eben beschriebene Salz wieder in Wasser aufgelöst und die Lösung über Schwefelsäure stehen gelassen wird, so erhält man büschlige Aggregate von dünnen Krystallnadeln, welche dieselbe chemische Zusammensetzung zeigen, wie das vorgenannte Salz, dessen kurze dicke Krystalle indessen auch öfters neben den Krystallbüscheln entstehen. Mit dem Mikroskope betrachtet erscheinen die Enden jener Krystallnadeln wie Fig. 5. Es gelang mir nicht, messbare Krystalle zu ziehen, und es musste die Frage über die Dimorphie dieser Substanz nochmals unentschieden bleiben.

Das schwefelsaure Hydronatron ($NaHSO_4$) wurde auf dieselbe Art wie das vorige Salz dargestellt, und in eigenthümlichen Krystallaggregaten, wie durch Fig. 6 angedeutet, erhalten. Das Salz ist sehr leicht zerfliesslich. Der Schmelzpunkt desselben wurde zu 57°6 C. bestimmt. Die Krystallaggregate bestehen sämmtlich aus Zwillingen von der in Fig. 7 dargestellten Form. Wegen der Entfernung des Goniometers vom Laboratorium konnte an dem zerfliesslichen Salze blos der Kantenwinkel $T:T = 83°$ und der ebene Winkel $acb = 64° 30'$ nach Haidinger's graphischer Methode bestimmt werden. Daraus folgen die Winkel der Normalen:

$$T:m = 41° 30' \quad T:p = 69° \quad \text{weil } p:m = 90°.$$




Fig. 1.
c
m
f
e
o
g
a
p
o'
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 2.
c
m
f
d
e
o
h
k
p
Fig. 3.
c
d
m
o
e
l
b
r
Fig. 4.
c
d
m
f
e
g
k
l
h
b'
a
p
r
b
o'
c
Fig 7.
c
a
b
p
m
T'
T

VIII. SITZUNG VOM 14. MÄRZ 1861.

Der Secretär liest folgenden Erlass des hohen k. k. Staats-Ministeriums vom 12. März l. J., Z. $\frac{1354}{St.\ M.}$:

„An Seine, des Herrn Präsidenten der kais. Akademie der Wissenschaften, P. T. Freiherrn v. Baumgartner Excellenz.“

„Seine k. k. apostolische Majestät haben mit allerhöchster Entschliessung vom 10. März d. J. Seiner kaiserlichen Hoheit dem durchlauchtigsten Herrn Erzherzog Rainer die Stelle eines Curators der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien zu übertragen und mich zum Curator-Stellvertreter allergnädigst zu ernennen geruht.“

„Ich gebe mir die Ehre Eurer Excellenz von dieser allerhöchsten Resolution mit der Versicherung die Mittheilung zu machen, dass es mir zur besonderen Ehre und Auszeichnung gereicht, durch die allerhöchste Gnade Seiner k. k. apostolischen Majestät an der Seite Seiner kaiserlichen Hoheit des durchlauchtigsten Herrn Erzherzogs Rainer und an der Spitze der ersten wissenschaftlichen Anstalt des Reiches, welche unter der erleuchteten Leitung Eurer Excellenz einen so erfreulichen Aufschwung erhielt, und ihre Aufgabe in so glänzender Weise zu lösen verstand, — für die Interessen der Wissenchaft wirken zu können.“

„Indem ich mir vorbehalte rücksichtlich der künftigen dienstlichen Beziehungen der Akademie der Wissenschaften die Befehle Seiner kaiserlichen Hoheit einzuholen, werde ich nicht ermangeln Eurer Excellenz seinerzeit die weiteren Eröffnungen zu machen."

Wien, den 12. März 1860.

Schmerling m. p."

Vorgelegt wurden ferner folgende eingesendete Abhandlungen:

„Über eine massanalytische Methode zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in alkoholischen Zuckerlösungen" von Herrn R. Günsberg, Assistenten am chemischen Laboratorium der k. k. technischen Akademie zu Lemberg.

„Beiträge zur topographischen Anatomie des Beckens" von dem k. k. Districts-Physiker, Herrn Dr. A. Schwegel, zu Wippach in Krain.

Herr Bergrath Ritter v. Hauer überreicht eine Abhandlung des Herrn Hofraths W. Haidinger: „Über die Natur der Meteoriten in ihrer Zusammensetzung und Erscheinung".

Herr Prof. Ludwig theilt die Resultate einer von Herrn Dr. Politzer in Pest ausgeführten Arbeit: „Beiträge zur Physiologie des Gehörorgans" mit.

Die betreffenden Untersuchungen wurden im physiologischen Institute der k. k. Josephs-Akademie angestellt.

Herr Dr. A. Bauer legt eine im chemischen Laboratorium des k. k. polytechnischen Institutes ausgeführte Arbeit: „Über einige Reactionen des Bromamylens $C_5H_{10}Br_2$" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München, Quellen und Erörterungen zur Bayerischen und Deutschen Geschichte. Herausgegeben auf Befehl und Kosten Sr. Majestät des Königs Maximilian II. Quellen, VIII. Band. München, 1860; 8°.

American Journal of Science and Arts, Vol. XXX, No. 88—90, Vol. XXXI, Nr. 91. New Haven, 1860 & 1861; 8°.

Annales forestières et métallurgiques, XXe Année, No. 1. Paris. 1861; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1297—1299. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, X. Heft. Wien, 1861; 8°.

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 10e Livraison. Paris, 1861; 8°.

Crédit minier, Le, Journal des intérêts Métallurgiques et Manufacturiers, Ire Année, Nr. 9. Paris, 1861; 4°.

Istituto, R., Lombardo di scienze, lettere ed arti, Memorie. Serie II. Vol. VIII, Fasc. IV. Milano, 1861; 4°.

Istituto, I. R., Veneto di scienze, lettere ed arti, Memorie. Vol. IX. Parte II. Venezia, 1861; 4°. — Atti. Serie 3^{a}, tomo 6°, disp. 3^{a}. Venezia, 1860—61; 8°.

Jahresbericht und Mitglieder-Verzeichniss der Deutschen Gesellschaft der Stadt New-York, am 16. Januar 1860. New-York. 1860; 8°.

Kreutzer, Karl Joseph, Zeitschrift für Photographie und Stereoskopie. I. Jahrgang. Nr. 1—12. II. Jahrgang. Nr. 1—4. Wien, 1860 und 1861; 8°. — Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen im Gebiete der Photographie, 1855. Wien, 1858; 8°. — Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen im Gebiete der Photographie und Stereoskopie. 1856 und 1857. Wien, 1858 und 1861; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 8. Wien, 1861; Kl. 4°.

Maury, M. F., Strom and Rain Chart of the North Pacific. Sheet I. Series E. Washington, 1860; Gr. Folio.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1861, II. Heft. Gotha, 1861; 4°.

Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Veterinärkunde, XV. Band, 2. Heft. Wien, 1861; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 10. Wien, 1861; 4°.

Wochenblatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. X. Jahrgang, Nr. 10. Gratz, 1861; 4°.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von E. Erlenmeyer und G. Lewinstein. IV. Jahrgang. 4. Heft. Erlangen, 1861; 8°.

Über die Natur der Meteoriten in ihrer Zusammensetzung und Erscheinung.

Von dem w. M. **Wilhelm Haidinger.**

Spät im Leben war es mir bestimmt, mich näher mit der Natur der Meteoriten in ihrer Zusammensetzung und Erscheinung zu beschäftigen, wenn ich auch aus frühester Zeit Erinnerungen des hohen Antheiles bewahre, mit welchem diese Gegenstände von den dahingeschiedenen Forschern v. Schreibers, v. Widmanstätten und meinem unvergesslichen Lehrer Mohs selbst betrachtet wurden, und wie damals, vor einem halben Jahrhundert unter Chladni's Vorgang sich immer mehr und mehr die Wahrscheinlichkeit des kosmischen Ursprunges derselben herausstellte. Mit grösster Sorgfalt und dem Aufwande von vieler Zeit und Aufmerksamkeit für die Erweiterung der Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes vermehrte unser verewigter Freund und College Partsch die Sammlung der Meteorsteine und Meteoreisen, so dass sie stets die Erste der irgendwo aufbewahrten blieb, auf welcher Stufe sie zu erhalten auch der gegenwärtige Director, mein hochverehrter Freund Doctor Hörnes als eine Ehrensache betrachtet, und worin auch ich ihm gerne behilflich zu sein mich bestrebe. Viel Wissenswerthes in genauen Nachweisungen hat anschliessend an v. Schreibers auch unser Partsch im Drucke mitgetheilt. Eine an Mannigfaltigkeit der Exemplare von vielen Fundorten der Kaiserlichen nahe stehende Sammlung hat auch in Wien Freiherr v. Reichenbach mit grosser Sachkenntniss und ansehnlichen Kosten gebildet und ebenfalls manche neue Thatsachen erläutert. Er war es, dessen Unternehmungsgeiste wir die Meteoriten von dem Falle bei Blansko am 25. November 1833 verdanken.

Der Fall des Meteoriten von Kakowa bei Orawitza am 19. Mai 1858, welchen letzteren wir der freundlichen Gewogenheit des Herrn Grafen von Coronini, damals Gouverneurs der Wojwodschaft Serbien und des Temeser Banates verdanken, gab mir zuerst Veranlassung, diesen Gegenstand näher in das Auge zu fassen, nachdem Freund Partsch nicht mehr am Leben war, und ich mit dem gegenwärtigen Director, meinem hochverehrten Freunde Hörnes Verabredung zu ferneren Arbeiten für Vervollständigung unserer kaiserlichen Sammlung getroffen. Meine trefflichen Freunde Gustav Rose, Rammelsberg, Wöhler hatten so vieles zur genauen Kenntniss beigetragen, mir selbst waren nur wenige Gegenstände dieser Art zur Untersuchung vorgelegen. Indessen ist jede solche Aufgabe gewiss der ernstesten Betrachtung werth. Man sieht an neuen Gegenständen so Manches, das vielleicht an älteren noch deutlicher wahrnehmbar, doch nicht so sehr die Aufmerksamkeit fesselt.

Aus der nun allmählich ausgebildeten Correspondenz, nebst den obenerwähnten mit den Herren Ch. U. Shepard und B. Silliman in New Haven, Lawrence Smith in Louisville, Holmes in St. Louis, Shumard in Austin, Texas, Young in Hudson, Ohio, Maskelyne in London, Greg in Manchester, Descloizeaux, Delafosse, de Sénarmont in Paris, v. Kobell in München, O. Buchner in Giessen, A. P. Kesselmeyer in Frankfurt am Main, Burckhard in Bonn, Heis in Aachen, Holst in Christiania, Quetelet in Brüssel, Duprez und Kekulé in Gent, A. Venturi in Brescia, N. v. Kokscharow in St. Petersburg, Kessler in Kiew, J. Auerbach in Moskau, Julius Schmidt in Athen, Th. Oldham und W. S. Atkinson in Calcutta, S. H. Taylor in Madura wurde so vieles an neuen Gegenständen und Anregung gewonnen, dass ich Veranlassung fand, manche werthvolle Erwerbungen des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes in unseren Sitzungen zur Ansicht vorzulegen, aber auch eine Anzahl von Betrachtungen aus der Natur derselben abzuleiten, welche jedesmal gleichzeitig mit erwähnt werden konnten.

Manche dieser Betrachtungen weichen von gleichzeitigen anderer Forscher wesentlich ab, oder die bezüglichen Erscheinungen sind auch wohl überhaupt nicht Gegenstände mehr in das Einzelne gehender Betrachtungen gewesen. In früheren Abschnitten unserer Studien begnügte man sich wohl mit allgemeinen Annahmen, aber Vieles ist

auch da und dort in einem neuen Lichte betrachtet worden, und so glaube ich, dürfte eine zusammenhängende Darstellung, wenn sie auch nur persönliche Ansichten verzeichnet, nicht ganz ohne Anregung für fernere Arbeiten bleiben.

Zwei Abschnitte der Studien sind es vorzüglich, welche unsere Aufmerksamkeit erregen; die Erscheinungen, welche mit der Ankunft der Meteoriten auf unserer Erde in Verbindung stehen, und die Studien, welche man an die Untersuchung ihrer selbst anknüpfen kann. Die Letzteren gehen eigentlich viel weiter in der Geschichte ihres Bestehens zurück, und aus denselben kann wieder unwiderleglich auf Verhältnisse geschlossen werden, welche man bei der Verfolgung der Erscheinungen voraussetzt. Dennoch scheint es hier vortheilhafter als ersten Abschnitt dasjenige vorzulegen, was in der Zeit das spätere ist.

I. Die Ankunft der Meteoriten auf der Erde.

Nur die am vollständigsten beobachteten Meteoritenfälle sollten hier als massgebend betrachtet werden. In der Regel sind der sichersten, genauesten Angaben nur immer sehr wenige. Ohne Vorbereitung tritt die Erscheinung ein, und hat einen in der Zeit so kurzen Verlauf, dass nur Personen Angaben zu machen im Stande sein werden, welche gewohnt sind, Eindrücke durch ihre Sinne rasch aufzunehmen. Zwei derselben sind es vorzüglich, das Gesicht und das Gehör, aus welchen man auf den Vorgang schliessen kann, aber auch das Gefühl, der Geruch werden in manchen Fällen in Anspruch genommen.

Herr Dr. Gustav Scheffczik in Strakonitz in Böhmen sah vom Kamme des Waldberges Lipowic südöstlich von Strakonitz am 29. November 1859 um 10 Uhr 45 M. A. M. bei heiterem Himmel einen Lichtpunkt, wie einen Stern am Himmelsgewölbe gerade in Nord unter 15° Zenithdistanz, plötzlich erscheinen, sich zu einer hellleuchtenden Kugel von der Grösse des achten Theiles des Vollmondes (etwa eines Drittels des Durchmessers) vergrössern und in einer parabelähnlichen Linie gegen Süd 60° Ost vorüberziehen, woselbst unter einem Höhenwinkel von 25° (Apozenith = 65°) der Lichtkörper eine eiförmige Gestalt angenommen hatte, mit dem spitzigeren Ende nach unten, vorwärts, worauf er scheinbar in viele starke Funken zerstob, deren einer auch deutlich gegen die Erde senkrecht

hinabfiel. Die Zeit der Erscheinung betrug nach Herrn Dr. Scheffczik etwa 4—5 Secunden. Ein Geräusch wie „von einem Fluge zahlloser Vögel" hatte ihn veranlasst, aufzublicken. Nach dem Erlöschen der Lichterscheinungen vergingen lautlos nach der Uhr, welche er sogleich verglich 1¼ Minute, hierauf folgten rasch auf einander vier heftige Knalle, von denen der letzte der stärkste war, wie Schüsse aus dem gröbsten Artillerie-Kaliber. Während dieser Knalle schien der Boden unter dem Beobachter zu erzittern, was keine Täuschung sein konnte, da die Begleiter des Herrn Doctors auf der Jagd, Herr k. k. Bezirkshauptmann Joseph Mitschke und der Gärtner Prohaska obwohl im Walde dasselbe Gefühl hatten, auch sowohl das anfängliche Sausen oder Rauschen, als die späteren vier Knalle gehört hatten.

Ich entnehme das Vorhergehende aus Mittheilungen der genannten Herren Mitschke und Scheffczik über das im verflossenen Jahre beobachtete Phänomen, über welches ich noch eine Anzahl Beobachtungen gesammelt habe, um selbe zu einem Ganzen geordnet, der hochverehrten Classe vorzulegen, was mir aber durch mancherlei Hindernisse beeinträchtigt, bisher noch nicht gelang.

Die Beobachtung des Herrn Dr. Scheffczik ist vortrefflich, aber sie schliesst den letzten Act, den eigentlichen Fall nicht ein. Ich habe sie hier darum gegeben, weil hier das Herannahen des „Sternes" so schön gesehen wurde.

Nicht leicht ist ein Fall so umfassend beobachtet und beschrieben worden, als der so höchst wichtige von New Concord in Muskingum County, Ohio, über welchen ich Herrn Prof. Silliman schon im verflossenen Sommer einen Abdruck aus seinem *American Journal of Science and Art, Vol. XXX, July 1860* verdanke, von den Herren Prof. E. B. Andrews und Prof. E. W. Evans von Marietta College in Ohio, D. W. Johnson von Coshocton und Prof. Lawrence Smith von Louisville in Kentucky. Alles ist vortrefflich gesehen worden, nur nicht das Herannahen, Grösserwerden des „Sternes".

Herr Prof. Evans berechnete mehrere Elemente des Zuges. Das Meteor, als Feuerkugel gesehen, hatte aus einer horizontalen Entfernung von 20—30 englischen Meilen (4—6 deutschen Meilen) das Ansehen des Vollmondes. Die Höhe, aus anderen Beobachtungen = 40 Meilen (8 deutsche Meilen) angenommen, gäbe etwa drei

Achtel einer Meile Durchmesser. Der Zug ging von Südost nach Nordwest. Die Geschwindigkeit erschien zuletzt etwa 4 Meilen in einer Secunde. Es waren an die dreissig Steine gefallen, der grösste; gegenwärtig in Marietta College wiegt 103 Pfund, im Ganzen waren es an die 700 Pfund im Gewichte.

Die sämmtlichen Steine zusammengenommen, sind sehr viel kleiner als die scheinbare Grösse des Meteors, eben so wie bei vielen anderen Beobachtungen, von welchen ich hier nur des Agramer Eisens gedenke, zwei Stücke von 71 und 16 Pfund bei einer scheinbaren Grösse des Meteors im Durchmesser von gegen 3000 Fuss! [1])

Frisch aufgelesen waren die Steine warm, so dass feuchte Erde, auf welche einer derselben fiel, und die beim Aufheben sich an die Oberfläche anlegte, bald trocken wurde, der Stein wog 51 Pfund. Die grösste Wärme war nicht grösser als wenn der Stein im Sonnenschein gelegen hätte [2]). Der grösste Stein von 103 Pfund wurde etwa drei Wochen nach dem Falle unter einer Wurzel einer Eiche gefunden. Er hatte in schiefer Richtung durch eine andere Wurzel hindurch eingeschlagen, und war 2 Fuss 10 Zoll in harten Thongrund eingedrungen, aber von besonderer Einwirkung von Hitze keine Angabe.

Die eigentlichen Zeugen des Falles der Steine sahen sie nur „schwarz"; sie sahen kein Feuermeteor [3]), sie hörten auch zugleich mit dem Falle zischende Laute, wenn auch unmittelbar vorher der Hauptknall ihre Aufmerksamkeit gefesselt hatte.

Alle Steine waren mit einer schwarzen Schmelzrinde umgeben, und glichen im Innern grauen festen Gebirgsgesteinen. Ihre Figur war eckig, wie die Gestalt von Bruchstücken [4]).

Die Verbindung der Berichte über die Beobachtung der Feuerkugel, des Schallphänomens und des Falles gab den Forschern in

---

[1]) Der Meteoreisenfall von Hraschina bei Agram am 26. Mai 1751. Von W. Haidinger. Sitzungsb. d. math.-naturw. Cl. der k. Akad. d. Wissensch. 1859, 35. Bd. S. 361 (283).

[2]) *The warmest was no warmer, than if it had lain on the ground, exposed to the sun's rays.*

[3]) *No one of the many persons who saw the stones fall and were in the immediate vicinity at the time, noticed anything of the luminous appearance described by those who saw it from a distance.*

[4]) *Viewed from most positions this stone* (der 103pfündige in Marietta College) *is angular and appears to have been recently broken from a larger body.*

Amerika Veranlassung anzunehmen, dass der erste, der Hauptknall etwa 40 englische Meilen (8 deutsche Meilen) hoch über dem südlichen Theile von Noble County stattfand, etwa 30 Meilen (6 Meilen) von New Concord entfernt, von welchem aus südöstlich der Fall von einer Entfernung von einer englischen Meile beginnend, sich auf 10 Meilen Länge und 2—3 Meilen Breite erstreckte. Das Meteor zog und die Steine fielen mit einer Richtung und Neigung von Südost gegen Nordwest.

Man nahm den Schall für eine „Explosion" und setzte voraus, dass das Meteor, aber ohne weiter sichtbar zu sein, den Weg noch weiter nach Nordwest fortsetzte.

Dies sind die wichtigsten Angaben für die von mir hier beabsichtigte möglichst kurze Darstellung.

Es ist unmöglich, so sehr gerne man Inductionen Schritt für Schritt verfolgen möchte, eine klare Auseinandersetzung zu geben, wenn man nicht vorher ein allgemeines Bild der auf einander folgenden Vorgänge entwirft, in welchem die einzelnen Punkte, Abschnitte, in der Aufeinanderfolge vorgenommen werden, in welchen die einzelnen Vorgänge selbst stattgefunden haben müssen, die uns als Erscheinungen vorliegen. Diese Aufzählung verlässt aber wieder dem Anscheine nach das Feld der Erfahrungen, oder gibt Voraussetzungen statt Thatsachen. Dennoch ist dieser Weg unvermeidlich.

Kein Kenner der Meteoriten hat je daran zweifeln können, dass das Innere derselben und die Rinde zwei ganz verschiedenen Perioden der Bildung angehören.

Die Gestalt des Meteoriten ist die eines Bruchstückes. Die Natur der Rinde ist die einer oberflächlichen Schmelzung.

Das Bruchstück ist es, welches bei dem Vorgange der Erscheinungen in unsere Atmosphäre eintritt. Aus weiter kosmischer Ferne angelangt, erscheint es uns als Stern, grösser werdend, immer näher und näher. Die genaue Beobachtung und Verzeichnung dieses Augenblickes sollte ja möglichst festgehalten werden. Durch die Tages- und Jahreszeit gibt sie die Richtung des Meteors im Weltraume. Aber man wünschte doch einige Anhaltspunkte in Zahlen zu gewinnen. Die Richtung und Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, letztere 4·1 Meile in einer Secunde, während ein Punkt des Äquators in seiner Umdrehung wieder 1464·7 Wiener Fuss in einer Secunde zurücklegt (900 Seemeilen in 1 Stunde) liegen auf unserer

Seite vor; für die Geschwindigkeit der Meteore bei ihrer Ankunft in unserer Atmosphäre haben wir Beobachtungen bis zu 23³/₄ Meilen in einer Secunde, wie sie Humboldt's Kosmos aus den vergleichenden Beobachtungen von Julius Schmidt in Bonn, Heis in Aachen und Houzeau in Mons gefunden [1]), häufig sind die Angaben von 4—10 Meilen. Diese Bewegungen liegen in den mannigfaltigsten Richtungen gegen einander.

Diese ungeheuere Geschwindigkeit aber ist es, welche eine Vergleichung mit den Zuständen auf unserer Erde gestattet, um die nothwendigen Folgerungen zu begründen.

Ein „zerstörender Orkan (*Devastating Hurricane*)" an der Erdoberfläche ist es, wenn die Luftströmung 92 englische Meilen in einer Stunde zurücklegt [2]), das heisst nicht mehr als 134·72 Wiener Fuss in einer Secunde. Ein Punkt des Äquators legt in der täglichen Umdrehung 1464·7 Fuss zurück, also einen 11mal so grossen Raum, und doch oft bei vollkommener Ruhe der Luft. Es ist der Druck der Atmosphäre überhaupt, und namentlich der Abgang einer Verschiedenheit des Druckes in neben einander liegenden Orten, welche diese Ruhe hervorbringt. Der Bewegung jenes „zerstörenden Orkans" entspricht nach Herschel ein horizontaler Druck von 37·9 Pfund Gewicht auf 1 Quadratfuss Fläche (englisches Mass, 32·81 Pfund auf 1 Quadratfuss Fläche Wiener Mass). Der Druck der Atmosphäre auf einen Quadratfuss Wiener Mass (32 Fuss Höhe Wasser, dessen Gewicht 56·4 Pfund im Kubikfuss) ist 1804·8 Pfund, also 55mal so gross als die Pressung des stärksten Orkans.

Die hier aus mir näher liegenden Quellen gesammelten einzelnen Angaben freue ich mich in einem höchst werthvollen Geschenke vollkommen bestätigt zu finden, welches ich dem freundlichen Wohlwollen des Herrn Prof. Ernst Erhard Schmid in Jena verdanke. Es ist dies sein grosses, im wahren Sinne des Wortes Lehrbuch der Meteorologie, XXI. Bd., der von Gustav Karsten im Vereine der gediegensten Forscher herausgegebenen „allgemeinen Encyklopädie der Physik." Er gibt Seite 483, nach Rouse's

---

[1]) Der Meteoreisenfall von Hraschina. Sitzb. 1859, Bd. XXXV, S. 378.

[2]) M. F. Maury. Schreiben an Herrn k. k. Commodore B. von Wüllerstorf, Sitzb. 1859, Bd. XXXVI, S. 143. Nach Sir John F. W. Herschel, *Meteorology* in der *Encyclopedia Britannica 1857.*

anemometrischer Tabelle *(Report of the 10th Meeting of the British Association etc., held at Southampton in Sept. 1846. London 1847, p. 344)* für

Geschwindigkeit des Windes		Druck auf den Quadratfuss in Pfunden Avoir du poids	Charakter des Windes
englische Meilen in der Stunde	englische Fuss in der Secunde		
60	88·02	17·715	Great storm
80	117·36	31·490	Hurricane
100	146·70	49·200	Destructive hurricane
913–916	1340·—	1. Atmosphäre	

Ähnlich ist die Windscala der *Smithsonian Institution (Coffin, Winds of the Northern Hemisphere. Published by the Sm. Inst. Nov. 1853, Washington. Folio, pag. 173)*.

Grad				
7	60	88·02	18.	Strong gale
9	90	132·05	nicht angegeben	Hurricane
10	100	146·70		Most violent Hurricane

War es mir auch gelungen, Zahlen aufzufinden, welche den in der Natur vorwaltenden Verhältnissen entsprechen, so gab mir doch eben diese Darstellung von Herrn Prof. E. E. Schmid die wahre Beruhigung. Dies ist es ja, was dem Freunde der Wissenschaft aus jenen grossen, sorgsamen Zusammenstellungen erwächst, durch Männer, welche den ganzen Umfang ihrer Wissenschaft umfassen und durchdringen. Bin ich dem hochverehrten Freunde schon in materieller Beziehung für dieses schöne Geschenk zu Danke verpflichtet, so bin ich es noch viel mehr für den reichen Inhalt, welchen es darbietet, in dem Augenblicke erhalten, wo ich dessen am meisten bedurfte.

In welchem Zustande gegen einander stehen aber in jener Höhe unserer Atmosphäre die einzelnen Theilchen derselben, wo die Meteoriten zuerst eintreten und Lichterscheinungen hervorzubringen vermögen, selbst in der grossen Höhe von 8 deutschen Meilen, von

solcher Intensität wie bei dem Falle von New Concord? Die Temperatur in jener Höhe ist wohl schon die des Weltraumes überhaupt, 100° unter 0° R. oder noch tiefer. Bewegung der Theilchen findet allerdings in grossen Höhen der Atmosphäre Statt, denn auf ihr beruhen ja die Veränderungen des Luftdruckes in den Tiefen, welche die Erscheinungen der Winde u. s. w. hervorbringen. Bewegen sich aber feste Körper durch dieselben hindurch, so sind solche Ereignisse so ausserordentlicher Art, und geschehen mit so übergrosser Geschwindigkeit, dass die so sehr vereinzelten Theilchen geradezu fortgeschoben werden müssen. Vor dem Meteoriten bildet sich in dieser Art eine Schichte von Lufttheilchen, welcher aber keine Zeit gegönnt ist, seitwärts abzufliessen oder auszuweichen. Während ein Quadratfuss Orkan einen Druck von 32·8 Pfund ausübt, 134·72 Fuss Bahn in einer Secunde entsprechend, ist die Bahn des Meteoriten — zu 7 Meilen angenommen, oder 7 × 24·000 Fuss, in der gleichen Zeit 1244mal so lang. Wird das gleiche Verhältniss auf den Druck übertragen, so ergibt sich ein Druck von 40803·2 Pfund auf den Quadratfuss, oder von mehr als 22 Atmosphären.

Es dürfte nun wohl gestattet sein anzunehmen, dass diese rasche Zusammendrückung, wo Wirkung und Gegenwirkung doch stets gleich bleiben muss, ganz den Erfolg der so oft, von Benzenberg schon angeführten Compressions-Feuerzeuge haben wird.

Ich bitte um Erlaubniss, hier die folgende Stelle in ganzer Ausführlichkeit einzuschalten, wie sie in dem Werke:

„Briefe geschrieben auf einer Reise durch die Schweiz im Jahre 1810, von J. F. Benzenberg, I. Band, Düsseldorf bei J. H. C. Schreiner 1811“ Seite 36 enthalten ist, mit so manchen Ansichten, die auch jetzt noch nach 50 Jahren nicht zu vollständiger Klarheit gelangt sind.

„Die Erhitzung, die man an den Feuerkugeln bemerkt hat, kann von einem Verbrennungsprocess herrühren, der indess in so dünner Luft Schwierigkeiten haben würde — oder aber vom Reiben, wie man gewöhnlich glaubt. Mir scheint sie aber noch mehr vom Zusammendrücken der Luft herzurühren; — gibt doch die Luft in unsern neuen Feuerzeugen, durch blosses Zusammendrücken schon Feuer. Und sollte nicht auf diese Weise Elektricität können frei werden? Würde die Elektricität, die in einer Kubikmeile Luft vertheilt ist nicht frei werden, wenn diese schnell bis auf 1 Kubikfuss zusammen-

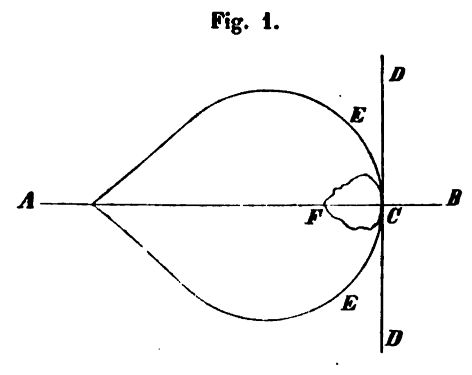
gepresst würde? — Auch scheinen die Umstände, welche bei dem Zerspringen der Feuerkugeln beobachtet werden, mit dieser Vorstellung überein zu stimmen. Sie erscheinen alle anfangs so klein wie ein heller Stern, ihre Grösse wächst bis zur scheinbaren Grösse des Vollmondes, so wie sie sich der Erde nähern, was gewöhnlich in einer schiefen Richtung geschieht, und springen endlich mit einem heftigen Knall, wenn sie sich der Erde auf 3—5 Meilen genähert haben. Wahrscheinlich rührt dieses Zerspringen von einer Überladung mit elektrischer Materie her, welche aus der zusammengedrückten Luft, in die aus Metalltheilen bestehende, etwa 3000 Fuss grosse Feuerkugel überströmt, und da die Entfernung noch zu gross ist, um auf die Erde zu schlagen, so geschieht die Entladung in die freie Luft, oder in eine Wolke. Wahrscheinlich hängt der Punkt der Entladung weniger von der Nähe der Erde, als von der Dichtigkeit der Luft ab, welche das Maximum für Zusammendrückung und für Elektricitätsanhäufung bestimmt. — Nach dem Zerspringen fallen die einzelnen Stücke mit einer Geschwindigkeit auf die Erde, die wahrscheinlich nicht so gross ist, wie die von unseren Kanonenkugeln. Denn da die Luft in der Nähe der Erde immer dichter wird, so wird der Widerstand immer grösser, und ob ein Körper 1 Meile oder 5 Meilen hoch fällt, das soll wohl bei seiner Ankunft auf der Oberfläche der Erde nur einen sehr kleinen Unterschied in seiner Geschwindigkeit machen."

Es war mir wichtig, auch dasjenige, was den Ansichten widerspricht, wie das Zerspringen der Feuerkugeln, welche ich zu entwickeln beabsichtige, hier vorzulegen, während Einiges sich gut als werthvoller Vorgang in der Betrachtung herausstellt.

Folgende Darstellung des Vorganges dürfte einigen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit haben: Durch den Druck wird Wärme und Licht entwickelt. Unmittelbar vor dem Meteoriten bildet sich ein Mittelpunkt der Expansion. Aus demselben nach allen Richtungen strebt das Zusammengedrückte sich zu zerstreuen. Was in der Richtung der Bahn liegt, wird von der meteorischen Masse in ihrer Bahn überholt, was entgegengesetzt ist, wird theils zur Schmelzung der Oberfläche zu einer Rinde verwendet, theils verlangsamt sich durch den Widerstand der Fortschritt, und wird auch wohl zu einer drehenden Bewegung um die Axe, der Bahn des Meteoriten entsprechend verwandelt, selbst in dem Falle, wenn er sie erst bei seinem

Eintritte in die Atmosphäre annehmen sollte. Ein Theil der leuchtenden zusammengedrückten Luft wird aber senkrecht auf die Bahn *AB* Fig. 1 bei *C* nach allen Richtungen hinausgepresst. Aber auch gegen diese leuchtende Scheibe bleibt der Widerstand gleich, er drängt sie zurück, überwältigt sie allmählich in einiger Entfernung vom Mittelpunkte bei *E*, und rundet die Erscheinung, in sich selbst, hinter dem Meteoriten zusammenschlagend bis zur Bildung der Feuerkugel ab.

Fig. 1.



Es ist eine Feuerkugel, aber nur dem Namen nach, denn man hat der Angaben viele, von Eiformen, von Birnformen, die meisten mit abgestumpfter vorderer Seite, manche aber auch spitziger eiförmig beschrieben, jedenfalls in die Länge gezogen, vielmals mit einem Schweife.

Aber man hat auch Beispiele von zwei hinter einander ziehenden Kugeln oder Lichtmassen, ja von mehreren Körpern in ihrem Gefolge, wie bei dem Meteor von Elmira-Long Island am 20. Juli 1860, dem von Littau Ende August 1848 oder 1849, dem von Collioure am 21. Februar 1846. Hier darf man wohl annehmen, dass in dem was erst als Eine Kugel erschien, sich bereits eine Mehrzahl von Bruchstücken befand, auf welche etwa ihrer abweichenden Grösse und Gestalt wegen, vielleicht wegen Abweichungen im specifischen Gewichte bei gleicher Grösse der Widerstand der Luft verschieden einwirkte, so dass die leichteren mehr zurückgehalten wurden, während die schwereren ihren Weg rascher fortzusetzen vermochten.

Am 27. Juli 1839 sah Herr Julius Schmidt in Athen ein prachtvoll grünes Meteor in Zeit von 12 Secunden einen Raum von 28 Bogengraden durchlaufen, ganz fein und lichtschwach beginnend, eben so unscheinbar endend, „während es sich in der Mitte des Laufes ausdehnte, zur grossen Kugelform von 8—10 Bogenminuten Durchmesser und ringsum die Stadt und die Berge deutlich in seinem Lichte aus der Nacht hervortreten liess."

Eine gegen die Erde zu convexe Bahn, wie die des Meteors vom 20. Juli 1860 deutet wohl auf leichtere Masse als sie Meteoriten zukommt, deren Bewegung zwar verlangsamt, am Ende aufgehoben wird, aber welche doch nicht wieder gegen den Weltraum zu abgewiesen werden.

Dieses Meteor gelangte offenbar wieder in dünnere Schichten der Atmosphäre, und obwohl wahrscheinlich auch die kurze Dauer, in welcher es die Feuerkugel um sich hervorbrachte, nicht ohne Einfluss blieb, so setzte es seinen Weg in das Weite fort. War auch vielleicht die Geschwindigkeit etwas verringert, so war sie doch nicht aufgehoben.

Es ist hier in den Betrachtungen kein Unterschied gemacht worden, ob die Bewegung in tieferen oder in höheren Schichten der Atmosphäre stattfinde. Man dürfte dies wohl auch unbeanstandet gelten lassen. Wäre der Druck des Meteors auf den Quadratfuss Fläche der Widerstand leistenden Luft bei einer Geschwindigkeit von 7 Meilen in der Stunde, gleich 22 Atmosphären an der Erdoberfläche unter dem Druck einer ganzen Atmosphäre bei einem Barometerstande von 30 Zoll[1]), so trifft freilich dasselbe Meteor bei einer Höhe zwischen 18.000 und 19.000 Fuss unter dem Barometerstande von 15 Zoll nur so viel Luft an, dass der Druck nur mehr 11 Atmosphären entspricht. Aber man muss dann nicht vergessen, dass auch der Widerstand der umgebenden Luftschichten viel geringer ist, und dass also nach den Richtungen *CD* hin Fig. 1 das ganz gleiche Verhältniss der Leichtigkeit der Verbreitung der aus dem Mittelpunkte der Elasticität gewaltsam ausgesendeten Lufttheilchen stattfinden wird.

Hier auch darf man wohl, bei der so allgemein angenommenen hoch elektrischen Beschaffenheit der äussersten, luftverdünntesten Schichten unserer Atmosphäre, einen hohen Grad der Entwickelung elektrischer Lichterscheinungen voraussetzen. Freilich gibt ein Ausdruck, wie ihn oben Benzenberg hat, kein dem gegenwärtigen Zustande unserer Ansichten angemessenes Bild. Eine in ganz anderer Richtung ausgesprochene Ansicht eines Meisters der neueren Zeit, des grossen Forschers Plücker scheint mir sich ganz genau den hier vorwaltenden Verhältnissen anzuschliessen. Er sagt in seiner

---

[1]) E. E. Schmid. Lehrbuch der Meteorologie. S. 913.

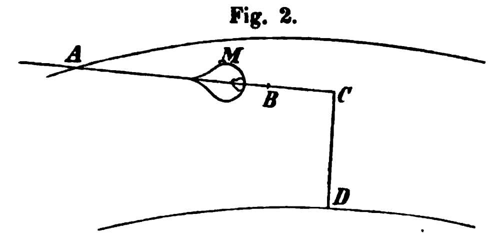
Abhandlung über die Constitution der elektrischen Spectra der verschiedenen Gase und Dämpfe (Poggendorff's Annalen 1859, Bd. CVII, S. 505).

„Was ist es was leuchtet, wenn durch den engen Canal einer Geissler'schen Röhre, die in möglichst evacuirtem Zustande Gas oder Dampf enthält, die elektrische Entladung hindurch geht? Es gibt kein Licht ohne ponderabeln Träger, der leuchtet; es gibt daher überhaupt kein elektrisches Licht im abstracten Sinne des Wortes. In dieser Überzeugung bin ich durch alle bisherigen Beobachtungen bestärkt worden. Wie wirkt aber hierbei die Elektricität auf das Gastheilchen? Ich denke blos Wärme erregend. Die Gastheilchen werden glühend. Die dicke Glasmasse des engeren Theiles der Geissler'schen Röhren erwärmt sich sehr merklich, wenn der Entladungsstrom des Ruhmkorff'schen Apparates durch das Gas in demselben hindurchgeht. Wenn hierbei die Wärme von den zerstreuten Theilchen des Gases, dessen Spannung oft nur durch Bruchtheile eines Millimeters gemessen wird, auf die Masse des Glases sich übertragen und diese merklich erwärmen soll, wie ungemein stark muss dann nicht die Erwärmung dieser Theilchen sein."

Innerhalb der leuchtenden Meteorkugel würde gerade ein so ungemein luftverdünnter Raum Veranlassung zur Entwickelung elektrischen Lichtes werden.

In vielen Fällen nun wird das Meteor wirklich zum Stillstande gebracht, und dann verschwindet die Lichterscheinung allsogleich.

Fig. 2.



Die kosmische Bahn des Meteoriten *M*, der bei *A* Fig. 2 in die Atmosphäre eintrat, ist bei *C* zu Ende, der Meteorit gehört unserer Erde an, und fällt von dem Orte *C* an, wo die Lichterscheinung erlosch, einfach zur Erde nach *D* herab, in seiner tellurischen Bahn.

Die Anziehung der Erde ist nämlich gar sehr unbedeutend, verglichen mit dem dem Meteoriten inwohnenden kosmischen Triebe. Wäre nicht die Atmosphäre, welche ihm Widerstand leistete, kein Meteorit könnte auf die Erde gelangen, ausser in einem wirklichen Kernschusse, wenn seine Bahn den Erdkörper selbst trifft.

Aber im eigentlichen Falle ist es auch, dass man die Steine schwarz durch die Luft herabkommen sieht. An dem Schmelz der Rinde erkennt man die hohe Temperatur, welcher ihre Oberfläche ausgesetzt war. Aber sie selbst sind in der Regel nicht wärmer als dass man gerade die Hand nicht mehr darauf leiden kann. Es darf diess nicht überraschen, denn der Stein bewegte sich durch den tief kalten Weltraum, und seine innere niedrige Temperatur glich sich bald mit der höheren der Schmelzrinde wieder aus, sobald der ruhige tellurische Fall begann. Genaue Angaben der Wärme nach dem Thermometer fehlen uns noch. Bei dem Fall von Dhurmsala im Punjab, am 14. Juli 1860 [1]) waren sogar Bruchstücke — wohl aus dem Innern eines Meteoriten, von tiefer Temperatur unter dem Gefrierpunkte. Meteoreisen, als gute Wärmeleiter kommen mit viel höheren Temperaturgraden, auch wohl in heftiger Glühhitze an, wie jene Masse von Corrientes im Jänner 1844, im Caritas Paso am Mocoritaflusse, über welche Herr R. P. Greg Nachricht gegeben hat [2]). Sie fiel um zwei Uhr des Morgens, als eine „längliche Kugel von Feuer" und ein feuriger Streifen bezeichnete ihre Bahn. Das Licht war über alle Beschreibung intensiv. Die Masse fiel nur etwa 200 Klafter entfernt von Herrn Symonds nieder, der die erste Nachricht mittheilte. Man konnte sich noch am nächsten Morgen der Hitze wegen nur bis auf etwa 30—36 Fuss nähern. Bei dem Falle war die Atmosphäre höchst deutlich in Bewegung, wie abstossend von dem fallenden Körper, und später wie ein kurzer Wirbelwind [3]). Die Beschreibung stimmt ganz mit der Vorstellung überein, die man sich nach den vorhergehenden Betrachtungen machen könnte. Hier traf wohl das Eisenmeteor die Erde in einem wahren „Kernschuss" unter einem schiefen Winkel von etwa 60 Grad herabfallend. Aber noch eine höchst charakteristische Erscheinung ist mit dem Erlöschen des Lichtes in den Meteorsteinfällen verbunden, die des gewaltigen Schalles, der seit frühen Zeiten Explosion genannt worden ist, weil er von den uns zur Vergleichung geläufigen nur

---

[1]) Sitzung am 29. Nov. 1860.

[2]) *Philosophical Magazine, for July 1855.*

[3]) *Its fall was accompanied by a most sensible movement of the atmosphere, which I thought at first repellent from the falling body, and afterwards it became something of a short whirlwind.*

mit heftigen Schiesspulverexplosionen, aus grobem Geschütz oder in Minen einige Ähnlichkeit besitzt. Meistens ein Schlag der heftigste, dann aber folgen mehrere, oft ein Geknatter. Es heisst „das Meteor explodirt," die Steine fallen herab. Dennoch finden wir nur ganz kleine Mengen von Stein. Wo sollte der Körper des grossen Meteors hingekommen sein, der zwar nach Herrn Prof. Lawrence Smith's Versuchen viel grösser erscheinen mag als er wirklich ist, aber doch immer viel grösser sein müsste, wenn wirklich etwas, und zwar eine Feuerkugel zersprungen wäre. Die Irradiation eines hellen Punktes gibt nach Smith in den von ihm durchgeführten Versuchen, 1. mit elektrischem Licht zwischen Kohlenspitzen, 2. mit Kalklicht im Knallgasstrome, 3. mit Stahlbrandlicht im Sauerstoffgas respective folgende Zahlen scheinbarer Grösse:

Entfernung .	10 Zoll	600 Fuss	1320 Fuss	2640 Fuss
Kohle . . .	0·3 Linie	1/2 Mond-	3	3 1/2
Kalk . . .	0·4 „	1/2 durch-	2	2
Stahl . . .	0·2 „	1/4 messer	1	1

1 Meile = 1760 Yards = 5280 Fuss, 1/4 M. = 1320, 1/2 M. = 2640.

Wird auch oft eine Grösse bei der Überraschung der Erscheinung selbst namhaft überschätzt, so bleibt doch bei den Angaben von halber oder ganzer Monddurchmessergrösse in Entfernungen bis zu 8, 12, 20, ja 40 deutschen Meilen doch gar zu viel übrig, als dass man Alles Täuschung nennen dürfte. Ein weiter Raum bleibt gewiss immer für die Feuerkugel, welcher den viel kleineren Kern oder die Anzahl der denselben bildenden Bruchstücke umgibt.

Für die Erklärung des Schallphänomens scheint aber gerade die oben versuchte Darstellung der durch die grosse Geschwindigkeit in der Bahn des Meteoriten hervorgebrachte Erscheinung eine gute Lösung zu bieten. Das Meteor umschliesst, aus dem Weltraume in die Atmosphäre dringend, ein wahres Vacuum, das eben durch den Widerstand der Atmosphäre bei grosser Geschwindigkeit des Meteors festgehalten wird. Kommt letzteres zum Stillstande, oder ist die Bewegung in der kosmischen Bahn schon hinlänglich gehemmt, so verschwindet die Leere, aber plötzlich, in der umgebenden Atmosphäre, und der Schall erfolgt aus derselben Veranlassung wie bei wirklichem Schiesspulver, oder andere Explosionen, durch den Rück-

schlag der das Vacuum erfüllenden Luft. Dass der Schlag so gewaltig sein kann, wird nicht unbegreiflich erscheinen können, wenn man die Stärke des Schalles bedenkt, den das Abbrennen einer frei in der Luft schwebenden Seifenblase von Knallgas verursacht.

Die mehreren sogenannten „aufeinander folgenden Explosionen" beruhen vielleicht auf dem nur allmählichen oder vielmehr ruckweisen Abnehmen der kosmischen Geschwindigkeit.

Es war bisher immer nur von Einem festen Körper die Rede. Bei Schwärmen von Meteoriten, die gleichzeitig ankommen, wie die 2—3000 von l'Aigle am 26. April 1803, oder die gegen 200 von Stannern am 22. Mai 1808, oder die gegen 30 von New Concord am 1. Mai 1860 wird man kaum fehlen anzunehmen, dass, wenn auch eine Haupt-Schallerscheinung für den ganzen Schwarm den Anfang machte, sich doch sodann einzelne Schläge für mehrere der getrennten Theile hörbar machen konnten. Dass aber solche Schwärme wirklich schon getrennt ankommen, und nicht erst „während der Explosion" durch Zerspringen eines ganzen Steines gebildet werden, glaube ich folgt unwiderleglich aus den Betrachtungen, welche ich am 19. April 1860 der hochverehrten Classe vorgelegt habe [1]).

Wenn auch nur mit wenigen Worten, möchte ich hier noch einiger Eigenthümlichkeiten der Meteoriten, sei es von Stein, sei es von Eisen gedenken. So die so allgemein bekannten flach rundlichen Vertiefungen, öfters „Eindrücke" genannt, ein Ausdruck, der vermieden werden sollte, weil er die Hypothese eines nicht in der Natur gegründeten Vorganges bezeichnet. Besser ist der im Englischen öfters angewendete Ausdruck *pitted surface*. Sehr charakteristisch erscheinen sie an dem Gross-Divinameteoriten, beschrieben und abgebildet in meiner Mittheilung „Eine Leitform der Meteoriten" (Sitzung den 19. April 1860. Sitzungsberichte XI. Bd., S. 525). Sehr schön sind sie auch in den *Transactions of the Academy of Science of Saint Louis* (Vol. I, Nr. 4, Plate XXI) für das Nebraska-Eisen abgebildet. Sie sind an den Meteoriten am besten ausgebildet auf der Seite *F* Fig. 1, welche man als die Rückseite in dem Zuge durch die Atmosphäre ansehen kann.

---

[1]) Eine Leitform der Meteoriten. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Cl. Bd. XL, 1860, S. 525.

Die gegen *C* gewendete Seite ist stets mehr uneben und rauh, weil sie gegen die gleichförmige Luftmasse drückt, während gegen *F* zu abwechselnd wie Flammenspitzen sich herumlegen können. Ähnliche Orientirungen bieten Randwülste der leichter schmelzbaren Rinden, wie bei Stannern. Was die Formen selbst anbelangt, so ist wohl klar, dass immer der Schwerpunkt im Raume voran sein muss. Hat erst die Rotation um die Axe begonnen, so muss sich, sobald Verlangsamung des Zuges eintritt und die Rotation rascher wird, auch der zweit schwerste Punkt in die Rotationsebene stellen, so dass eine flache Eisenmasse wie die von Agram gerade zu flach vorwärts getrieben wird. Die Agramer Eisenmasse zeigt auch in der That eine grosse Verschiedenheit der Beschaffenheit der beiden breiten Flächen, die eine, rauhere war ohne Zweifel im Zuge voran, die feinere, glatter sich darstellende, rückwärts mehr gedeckt, die flache Gestalt endlich selbst eine Andeutung von gangartiger Bildung auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte.

Eine Explosion, ein Zerreissen kann dadurch bewiesen werden, wenn, wie bei dem Falle am 27. December 1857 in Pegu [1]) zwei zusammenpassende Stücke Eines Steines entfernt von einander aufgefunden werden, hier auf eine Entfernung von 10 englischen Meilen. Auch ein solches Zerspringen eines Steines kann einen Schall verursachen, wie man dies oft bei dem Zerspringen von Mühlsteinen bemerkt, aber gewiss reicht es nicht an die Stärke, welche der Schall durch Erfüllung des Vacuums der Feuerkugel besitzt. Aber nicht die Feuerkugel ist es, welche zerspringt oder explodirt, sondern wenn je dieser Fall eintritt, ist es der Meteorit selbst.

Viele Seiten des Phänomens habe ich hier wohl nicht berührt, noch weniger die einzelnen Ansichten, welche über mehrere der Erklärungen gegeben wurden, beleuchtet. Namentlich fehlt die Verbindung mit den langjährigen und genauen Forschungen eines Coulvier-Gravier. Aber Herrn Lawrence Smith's genauere Mittheilung über den Fall von New Concord habe ich doch abgewartet und sie ist im Jännerheft 1861 von Herrn Prof. Silliman's Journal (Bd. XXXI, S. 87) enthalten, welches ich bereits der freundlichen Zusendung des hochverehrten Herausgebers verdanke.

---

[1]) Die Meteoritenfälle von Quenggouk bei Bassein in Pegu u. s. w. Sitzungsberichte, 3. Nov. 1860, Bd. XLII, S. 301.

In einem freundlichen Schreiben an mich, aus welchem ich hier eine Stelle wiedergebe, äussert dieser langjährige genaue Meteoritenforscher bereits Folgendes, das ich als einen Beweis betrachten darf, dass auch meine vorstehenden Ansichten einen bisher noch nicht vollständig aufgehellten Gegenstand betreffen. Herr Smith schreibt:

„Die bisherige Methode, die Meteoriten zu studiren, ist noch sehr unvollständig. Um zu irgend etwas wie genauen Begriffen über ihre Natur und ihren Ursprung zu gelangen, wäre es nothwendig, mit schärferer Kritik als sie bisher angewendet wurde, die Erscheinungen des Falles, in Verbindung mit ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften zu untersuchen. Man sollte doch nicht von Explosionen grosser Körper in der Atmosphäre sprechen, wenn die sogenannten Bruchstücke derselben kein Zeichen einer Explosion an sich tragen; man sollte nicht von Erhitzung der Oberflächen bis zur Schmelzung in der Atmosphäre sprechen, wenn 50pfündige Massen 10 Minuten nach dem Falle nur so warm gefunden werden, wie ein Stein, der an der Sonne gelegen hat, und andere zwischen trockene Blätter fielen, welche keine Spur von Brand oder Erhitzung davon trugen. So könnte ich noch manche falsche Ansichten beleuchten, welche sich auf Meteoritenfälle beziehen, und die gänzlich durch die chemischen und physikalischen Thatsachen widerlegt werden, welche die Steine selbst zeigen, und über welche mein Bericht über den Ohiofall in Silliman's Journal einige Andeutungen enthalten wird."

Durch die Betrachtung, dass die Periode des Schmelzens der Oberfläche, der Bildung der Rinde, dem kosmischen Theile der Bahn in der Atmosphäre, die Ausgleichung zu der niedrigen Temperatur, wie wir sie nach dem Falle treffen, dem zweiten, dem tellurischen Theile der Bewegung, dem eigentlichen Falle angehört, glaube ich diese Schwierigkeit überwunden zu haben, aber gewiss darf ich mich jener Äusserungen des Herrn Prof. Lawrence Smith als Beleg zu meinen eigenen Ansichten als Bezeichnung der schwierigen Punkte durch einen gleichzeitigen, des Faches höchst kundigen Forscher eben so sehr erfreuen, als ich der bezüglichen Abhandlung sehnlichst entgegen sah.

Von der Oberfläche der Meteoriten abgesprungene Theile, die uns vielleicht in der Beobachtung als „Funken" erscheinen, wenn sie wieder, wenn auch dünner überrindet sind, deuten wohl für

ihre Bildung einen späteren Theil der Bahn dem Stücke *B C* Fig. 2, aber doch noch immer des kosmischen Theiles derselben an.

Es verdient gewiss bei neuen Fällen oder bei Beurtheilung älterer alle Beachtung, zu ermitteln welche Richtung die Falllinie *CD* mit Beziehung auf die westöstliche Bewegung der Erdoberfläche habe, da doch von dem Fallpunkte aus nicht wie bei freien Fallversuchen auf der Erde eine der Höhe entsprechende Tangentialrichtung angenommen werden dürfte.

Gewiss erheischen Beobachtungen dieser so schnell vorübergehenden Erscheinungen höchst mannigfaltige Rücksichten.

Herr Prof. Smith schliesst seine eben erwähnte wichtige Abhandlung mit folgenden Sätzen:

1. „Die Lichterscheinung der Meteorsteine entsteht nicht durch Glühen, sondern durch Elektricität oder irgend eine andere Ursache.

2. Der Schall entsteht nicht durch Explosion eines festen Körpers, sondern aus dem Zusammenschlagen *(Concussion)* der Atmosphäre, durch welche hindurch seine rasche Bewegung stattfindet, zum Theil auch durch elektrische Entladung.

3. Meteorsteinschauer entstehen nicht durch Bruchstücke aus dem Zerreissen eines festen Körpers, sondern durch die Zertheilung der kleinen Aërolithen, welche in Gruppen in die Atmosphäre eingetreten sind.

4. Die schwarze Rinde hat keinen atmosphärischen Ursprung, sondern ist bereits gebildet, wenn die Körper in die Atmosphäre eintreten."

Ich glaube in Bezug auf jeden dieser vier Sätze im Vorhergehenden einige Erläuterungen gegeben zu haben, welche theils in gleicher Richtung sich bewegen, wie für die Sätze 2 und 3, ersteres namentlich auch früher in der Mittheilung: „Eine dritte Urkunde über den Meteoreisenfall von Hraschina" (Sitzung am 3. Februar 1860. Sitzungsb. Bd. XXXIX, S. 519), letzteres in der über „Eine Leitform der Meteoriten (Sitzung am 19. April 1860, Sitzungsb. Bd. XL, S. 525), theils mehr oder weniger abweichend wie in den Sätzen 1 und 4, wenn sich auch für ersteren doch theilweise Anknüpfungspunkte eröffnen. Alle aber möchte ich noch dem freundlichen Wohlwollen zur Vergleichung und der genauesten Beobachtung und Betrachtung bei künftigen Fällen und der Beurtheilung des bisher Beschriebenen angelegentlichst empfehlen.

2. Die ursprüngliche Bildung der Meteoriten.

Weit grössere Schwierigkeiten noch, als in dem vorhergehenden Abschnitte, den Erscheinungen der Ankunft der Meteoriten auf unserer Erde, liegen in der Betrachtung der früheren Stadien des Zustandes derselben. Man darf sich nicht verhehlen, dass bei der Beantwortung im eigentlichsten Sinne die Frage sich in gefährlichster Art so stellt, dass sie in gleicher Weise auf beide Weltkörper, die nun zu einem Einzigen vereinigt sind, sollte gelten können, für den kleinen Meteoriten und für unsere grosse Erde, und mit diesen beiden in Richtungen, deren Tragweite gar nicht abzusehen ist.

Gerne sind wir bereit, den Ansprüchen eines La Place, eines Herschel, eines Gauss, eines Humboldt, welche das Weltgebäude beherrschen, uns zu fügen. Ein Leverrier, dessen in genauester Kenntniss der Vorgänge in unserem Sonnensystem begründete Voraussicht die Entdeckung des Neptun zur Folge hatte, darf — in der Sitzung der Pariser Akademie am 1. October 1860 —„ die Ansicht, den Verdacht, fremdartig vielleicht auf den ersten Anblick, aber doch sehr leicht eine Wirklichkeit ergebend [1]),“ aussprechen, dass sich neue kleine Planeten in der letzten Zeit erst gebildet, aus kosmischer Materie, von allen Abstufungen von feinem und grobem Korn, von welchen der Weltraum um die Sonne herum erfüllt ist [2]).“ Und das, weil sich die Entdeckungen in der letzten Zeit so sehr häuften, dass sie vielleicht erst jetzt sichtbar geworden sind. Hier geht die Bildung von Ansichten, die Vorbereitung von Schlüssen aus der tiefen allgemeinen Kenntniss grosser gewaltiger Verhältnisse aus.

Manche Ansichten über Bildung von Weltkörpern, über ihre Zustände sind freilich Gegenstand der verschiedenartigsten Betrachtungen gewesen. Während man sich gedrängt fühlt, eine oder die andere Richtung zu versuchen, welche noch nicht in den Kreis der

---

[1]) *Une idée, un soupçon, étrange peutêtre au prémier abord, mais qui peut trèsbien être une réalité: Moigno Cosmos. 1860. IX. Vol. 17. P. 476.*

[2]) *L'espace autour du soleil est, on le sait, rempli de matière cosmique, et de matière cosmique de tous les degrés de ténuité et de grosseur.* Ebend.

bisherigen gezogen wurde, geben die umfassenden lichtvollen Zusammenstellungen vielseitiger Betrachtungen, wie sie zum Beispiel meines hochverehrten Freundes K. F. Naumann grosses, classisches „Lehrbuch" der Geognosie, unter andern in dem Capitel über die Temperatur des Erdinnern (zweite verbesserte und vermehrte Auflage I. Bd., S. 36 u. ff. 1857) enthält, den ganzen Stand der Frage, und damit die Ansichten der hochgefeierten Männer, von welchen man sich bewusst ist, dass man vorziehen sollte, ihre Meinung kennen zu lernen und zu ergründen, als von denselben abweichende Ansichten aufstellen zu wollen. Nur mit grösster Scheu wage ich es daher, aus einem einfachen Verhältnisse ausgehend, Ein Wort der Betrachtung über die Bildung der Meteoriten zu sagen, indem ich sie in ihrer doch sehr ansehnlichen Verschiedenartigkeit dennoch jeden einzelnen, übereinstimmend mit Sir David Brewster, mit Lawrence Smith und anderen Forschern für ein Bruchstück eines grossen Körpers nehmen muss.

Eines darf wohl als unumstösslich in grösster Allgemeinheit ausgesprochen werden: Krystallbildung erheischt Molecular-Bewegung. Wir sehen Krystallabsatz aus gasförmiger Lösung, wir sehen ihn aus Lösung in tropfbaren Flüssigkeiten, eben so dann, wenn die einzelnen kleinsten Theilchen selbst durch höhere Temperatur, Schmelzung verschiebbar geworden sind. In den Vorgängen der Metamorphose fester Körper bilden sich Krystalle aus pulverförmigen Absätzen, eben so wie aus verhältnissmässig festen Körpern, wenn diese neuerdings in Lagen kommen, in welchen Verschiebbarkeit ihrer Theilchen eintritt. Einen andern Ursprung von Krystallen kennen wir nicht. So lange die uns bekannten Naturgesetze gelten sollen, muss eines der obigen Verhältnisse eintreten. So dürfen wir schliessen, dass entweder Gasgestalt, oder der Zustand der Tropfbarkeit, oder die Gestalt des feinsten Pulvers, eigentlich also nur die letzte, da der allererste Absatz aus den beiden vorhergehenden selbst eben auch nur aus allerkleinsten festen Theilchen besteht, den Ausgangspunkt derjenigen Körper machte, welche uns nun als Meteoriten aus dem kosmischen Raume zukommen. Nahezu pulverförmige Beschaffenheit, doch matt, fast erdig im Bruche, wie die Meteoriten von des Freiherrn von Reichenbach zweiter Sippe, den weisslichen, ohne Kügelchen, und den dunkeln wie die vom Capland schliessen in langer Reihe an die hochkrystal-

linischen wie Chassigny und Juvenas, Shalka und die festen wie Seres, Tabor, Chantonnay, Segowlee, Parnallee. Eben so umfassen die nicht krystallinischen Eisen, wie das Cap-Eisen, und Hemalga, bis zu den schönsten gestrickten Massen von Agram, Elbogen, Lénarto, Red River, Nebraska und den noch höher krystallinischen Metalleisen-Individuen von Braunau, lange Reihen von Übergängen in den Structurverhältnissen.

Die Olivinkrystalle von Hainholz, von Brahin, des Pallas-Eisens von Krasnojarsk, zeugen gleichfalls deutlich von langer Thätigkeit der Krystallisationskraft.

Es ist nach den gegenwärtig erkannten Naturgesetzen unmöglich, dass diese hochkrystallinischen Gebilde anders, als nur bei erhöhter Temperatur, und unter bedeutendem Drucke entstehen konnten.

Umsonst forschen wir nach einem heissen Weltraume, wie ihn Poisson angenommen hatte (Naumann, Lehrbuch der Geognosie 2. Aufl., Bd. I, S. 61. Poisson, *Théorie mathématique de la Chaleur*, auch *Ann. de chimie et de physique* t. 59, p. 71 und t. 64, p. 337 ff.). Aber wenn selbst in unserem kalten Weltraume ein Aggregat von staubförmiger, pulveriger Materie als Ausgangspunkt gedacht wird, aus den Stoffen, wie sie uns nun mit einander vereinigt erscheinen, so würde nur dazu noch eine Quelle der Erwärmung erforderlich sein, um allmählich ihre Verbindung in Krystallen herbeizuführen. Es fragt sich, ob es möglich sein wird, dass der Druck der Massen gegen einander, die Anziehung des grossen Ganzen gegen die einzelnen noch unverbundenen kleinsten Theilchen hinreicht. Ich möchte hier schon erwähnen, dass gewiss ein blos aus Pulver bestehender rotirender Körper im Weltraume wohl eben so gut eine Rotationsgestalt annehmen wird müssen, als nach den Plateau'schen Versuchen eine der Schwere gegen die Erde entbundene, also frei schwebende tropfbare Flüssigkeit.

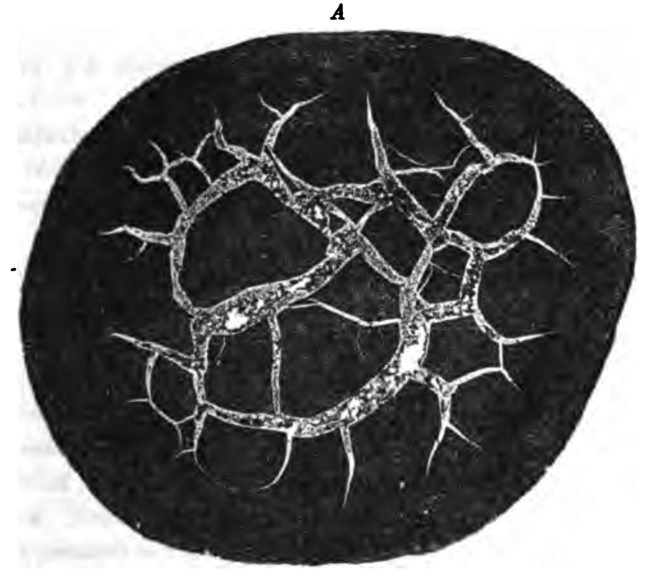
Aus den Mineralogen und Geologen geläufigen Erscheinungen darf ich wohl hier ein Bild vorlegen, welches die Wirkung einer von Aussen gegen Innen gerichteten Pressung erläutert, das einer Septarie. Septarien sind kugel- oder knollenförmige Körper, in einer der Richtungen, *AB*, wohl etwas zusammengedrückt, die aus einer äusseren festen Schale von dichtem thonigen Sphärosiderit bestehen, deren Inneres aber zwar auch noch denselben Sphäro-

siderit enthält, aber von zahlreichen Gangtrümmern von Braunspath und Kalkspath durchzogen, so wie es das Autotyp Fig. 3 [1]) vorstellt,



Fig. 3.

A



B

von einem Exemplar aus dem k. k. Hof-Mineralien-Cabinete genommen. Die Erklärung der Bildung ist folgende: In einer Thonschichte ballen sich die Theile zusammen, welche an kohlensaurem Eisenoxydul am reichsten sind. Aber die Schichte selbst wird zusammengepresst, mit ihr der Sphärosideritballen. Sobald die Pressung einen gewissen Grad erreicht, bleibt im Innern ein weicherer, mit Wasser mehr durchzogener Antheil zurück, als die äussere bereits vollständiger ausgepresste festere Schale. Dennoch liegt es in der Natur des Sphärosiderits, die Consistenz der äusseren Lage durch und durch anzunehmen. Gegen ein weiteres Zusammenrücken wirkt aber diese äussere Schale wie ein Gewölbe nach allen Richtungen. Die Zusammenziehung erfolgt wie in einem freien Raume, und die im

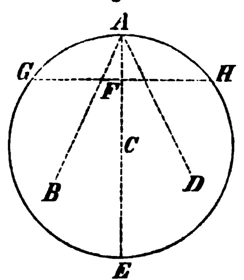
---

[1]) Zuerst abgedruckt in „Krystallographisch-mineralogische Figurentafeln in dem Handbuche der bestimmenden Mineralogie". Von W. Haidinger, 1846, Taf. XII, Fig. 4.

Laufe dieser Veränderung gebildeten Spalten werden später mit Krystallabsätzen ausgefüllt von Körpern, deren Theilchen nach und nach mit der Gebirgsfeuchtigkeit herbeigeführt waren, welche sich stets ihren Weg zu bahnen vermag. Braunspath, dann Kalkspath, auch wohl Schwefelkies werden abgesetzt.

Gewiss herrscht eine grosse Analogie zwischen den Verhältnissen der Bildung einer solchen Septarie und jenen, welche man bei einem frei im Raume schwebenden grossen Ballen staubartiger Materie annehmen kann. Äusserer Druck wird freilich nicht angewandt, aber jede einzelne Schicht wirkt als schwerer Körper zusammendrückend auf das Ganze.

Fig. 4.



Gerne entlehne ich die beistehende Figur aus Hrn. Prof. Karl Koppe's Physik und Meteorologie in dem Bädeker'schen Sammelwerke „Die gesammten Naturwissenschaften." Die Richtung der Schwere für den Punkt *A*, der an der Oberfläche von einem materiellen Punkte *B*, als Summe vieler andern angezogen wird, wird es auch von einem ähnlich gelegenen *D*. Die Richtung fällt mitten zwischen beide hinein, und geht durch den Mittelpunkt *C* in der Richtung *CE*. Im Mittelpunkte selbst aber würde gar keine bestimmte Richtung der Anziehung vorwalten, weil die Masse der Kugel in diesem gleichförmig vertheilt ist, und es würde daher hier die Schwere gänzlich aufhören." (Bd. I, S. 54.)

Jedes Theilchen an der Oberfläche hat nun den Trieb, hinab zu sinken gegen den Mittelpunkt, allein gehindert durch das darunter liegende, dieses durch ein Drittes, welcher Widerstand entweder überwunden oder beseitigt werden muss. Die Theilchen erst unverbunden, berühren sich fester und fester, es entsteht Druck und steigende Pressung. Aber wir sehen auf unserer Erde, wie in den Meteoriten, dass sehr verschiedene Elemente von niedrigerem und höherem specifischen Gewichte vorhanden sind. Die Meteoriten enthalten unter andern Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Chrom, Kohlenstoff, Silicium, Wasserstoff, Kobalt, Nickel, Eisen, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Körper von den verschiedenartigsten Dichten und Eigenschaften überhaupt. Dürfen

wir sie als Elementartheilchen oder schon genähert in einer oder der andern chemischen Verbindung annehmen. Für die gegenwärtige Betrachtung liegt das erste doch noch vor dem zweiten in der Zeitfolge.

Jenseits des *„Status nascens"* liegt das Nichts; zwischen beiden die Allmächtige Schöpfung.

Es wird selbst dies gewiss leichter zugegeben werden können, als dass, wie es die gegenwärtige Annahme verlangt, einst der Weltraum eine so hohe Temperatur gehabt haben soll, dass aller Stoff gasförmig war, und wie Vogt berechnet, in einer Kubikmeile Raum nicht mehr als 13 Milliontheile eines Granes enthalten waren [1]). Aber es liegt doch diese Voraussetzung eigentlich auch jenseits der uns wirklich zugänglichen Vorgänge, wenn es uns auch gelingt „Neues bildend aus dem Alten" Verhältnisse hervorzubringen, welche in mancher Rücksicht als Anfang betrachtet werden können. Streben nun die schwereren metallischen Theile gegen die Tiefe an den andern vorüber, während sich die leichteren verdrängen lassen und selbst sogar aufwärts steigen müssen, während die ganze Oberflächenschichte centralen Druck ausübt, und eben dadurch einen immer kleineren Raum einnimmt, so muss durch diesen Druck, durch die unvermeidliche Reibung, wobei an den Körpern, wie uns die tägliche Erfahrung lehrt, so oft Elektricität entwickelt wird, auch eine Temperaturerhöhung eintreten. Wir kennen hinlänglich die Erscheinungen der Verbindung von mehreren der oben genannten Körper mit einander, die Verbrennung, Verbindung mit Sauerstoff, chemische Wirkung überhaupt.

Schon bei einer früheren Veranlassung (Eine Leitform der Meteoriten u. s. w. Sitzungsb. Bd. XL, S. 539) erwähnte ich der wichtigen Mittheilung unseres hochverehrten Herrn Generalsecretärs Prof. Schrötter über die Thatsache, dass Körper, welche bei gewöhnlicher Temperatur mit grösster Heftigkeit unter Feuererscheinung auf einander wirken, wie Chlor auf Phosphor, Antimon, Arsen, Ammoniak, wenn sie in einem Brei von fester Kohlensäure und Äther bis 80 Grad erkaltet worden, wobei das Chlor bei gewöhn-

[1]) Noeggerath, Geognosie und Geologie in Bädeker: Die gesammten Naturwissenschaften. Bd. III, S. 308.

lichem Drucke tropfbar flüssig wird, nun sich gänzlich indifferent gegen einander verhalten. Ein geringer Grad von Erwärmung genügt, besonders wenn man nicht dafür gesorgt hat, dass die rascheste Verdampfung eintritt, und dadurch die Temperatur niedriger zurückgehalten werden kann, um gefährliche Explosionen hervorzubringen. Gleiches geschieht bei Alkohol und Chromsäure oder Chlorchromsäure, bei Ammoniak und Phosphorchlorür, bei Jod, Brom und Phosphor u. s. w. Herr Professor Schrötter gibt diese Thatsachen in seinem Handbuche „Die Chemie nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. s. w. Wien 1847, Bd. I, S. 129. Herr Dumas berichtet über dieselben in der Pariser Akademie, 20. Jänner 1845, *Comptes rendus* Nr. 3, p. 193, ohne die vollständige Wirkungslosigkeit wieder zu finden, nach Herrn Prof. Schrötter's Äusserung wohl darum, weil nicht für rasche Verdampfung gesorgt war, und daher zu schnell die Erwärmung stattfand. Hat die chemische Wirkung erst begonnen, so ist gar keine Schwierigkeit mehr, um ein fortwährendes Steigen der Temperatur hervorzubringen, bis sich unter der obersten, gegen den stets kalten Weltraum zu trocken, staubartig bleibenden Decke eine Schale gebildet hat, in welcher Verbindungen durch chemische Anziehung und Individualisirung in Krystallen, indem die Theilchen den ihnen eigenthümlichen Kräften und Eigenschaften folgen, und deren höhere Temperatur nun selbst wieder Veranlassung gibt, dass, sobald die chemischen Processe zur Ruhe gekommen sind, wahre steinartige, doch grössere oder geringere Consistenz eintritt.

Das Bestreben, die Erdwärme, „das Centralfeuer“, durch elektrische und chemische Einwirkung zu begründen, schliesst sich am nächsten den Ansichten von de la Rive, Lyell und andern an, wie sie Naumann Seite 63 darlegt, aber es ist hier noch als erstes Glied der Wirksamkeit der Druck der obersten Schichte der Erdrinde zu Hilfe genommen, der wohl den Erfordernissen einer ununterbrochenen Induction genügen dürfte.

Wo die oben erwähnte Beweglichkeit der Theilchen vorausgesetzt wird, kann es nicht überraschen, die Bildung gerade jener in den Meteoriten so häufigen Kügelchen zu sehen, von den ziemlich runden beginnend, bis zu den eckigen und den wahren Bruchstücken, theils eckig, theils selbst wieder mit abgerundeten Kanten, welche in den mehr losen, oft sandartigen Theilen eingeschlossen sind und

für welche ich die Benennung eines „Meteoritischen Tuffes“[1]) vorschlug. Charakteristisch ist die Einfassung von Eisentheilchen auf der Oberfläche der Kügelchen, wie in den Beispielen von Seres, Assam, Renazzo, Parnallee und andern. Viel weiter vorgeschritten als selbst die festesten der metallisches Eisen in feinen Theilchen zerstreut, in mehr sandartig körniger oder tuffartiger Weise enthaltenden Meteoriten stehen die Massen derjenigen, welche einerseits wie die von Chassigny, Juvenas, Shalka u. a. krystallinische Gebirgsarten ohne Metalleisen darstellen, andererseits die hochkrystallinischen reinen Eisenmassen selbst, von welchen manche, wie das von Agram, im Grossen die Gestalt einer Gangausfüllung besitzen, während andere von allen Seiten von glatten Flächen begrenzt sind, welche, selbst wenn man dem Abbrande an der Oberfläche bei dem Durchgange durch die Atmosphäre Rechnung trägt, doch noch immer räthselhaft genug bleiben. Auch in den gewöhnlichen Meteoriten finden sich viele Beispiele gangweiser Anordnung von Theilchen metallischen Eisens (Macao) sowohl als von Schwefeleisen (Pegu, Allahabad), eben so wahre Kluftflächen (Allahabad), Spiegel (Ensisheim, Lixna) wie in Gebirgsarten auf unserer Erde. Dass grössere Eisenmassen gangweise in Gebirgsarten auftreten und Bruchstücke derselben einschliessen, zeigt wohl unzweifelhaft das von Herrn Dr. Auerbach aufgefundene Meteoreisen von Tula [2]).

In einer neueren Abhandlung: Meteoriten im Meteoriten (Poggendorff's Annalen 1860, Bd. CXI, S. 353) verfolgt Freiherr von Reichenbach die mechanische Zusammensetzung der Meteoriten, namentlich was die runden und eckigen Theilchen betrifft, an welchen letztere besonders auch den Charakter von „Trümmern,“ von „zerbrochenen und abgerollten Brocken und Geschieben“ (S. 384) hervorgehoben wird. Es werden mikroskopische Analysen von 32 verschiedenen Fällen von Meteoriten gegeben, nach fünf verschiedenen Stoffen, Schwefeleisen, Gediegeneisen, Eisenoxyduloxyd, grauer und schwarzer Substanz, und an diese Wahrnehmungen die

[1]) Das von Herrn Dr. Auerbach entdeckte Meteoreisen von Tula (Sitzung am 29. Nov. 1860). Sitzungsb. 1860, Bd. XLII, S. 507.

[2]) Sitzungsberichte. Bd. XLII, S. 507, 1860. Sitzung vom 29. Nov.

Nachweisung der Zusammensetzung bis in die kleinsten Theilchen verfolgt. Abgesehen von der Anwendung der terminologischen Ausdrücke, so wie auch, dass zum Beispiel Freiherr v. Reichenbach (S. 379) angibt um es zu widerlegen, ich nenne diese „Einschlüsse in Einschlüssen“ „Ausscheidungen“, während ich mich gerne stets des neutralen Ausdruckes „Einschluss“ bediente, abgesehen von diesen Eigenthümlichkeiten, könnte ich gewiss keine ausführlichere Darstellung und Nachweisung der von mir vorgeschlagenen Betrachtungsweisen der Structur der Meteoriten geben oder gegeben wünschen, als gerade die, welche wir dem Freiherrn v. Reichenbach verdanken. Es ist dies der bis in's Kleinste verfolgte Charakter des „meteoritischen Tuffes,“ der allmählichen Bildung durch das Aneinanderschliessen der feinsten Theilchen in dem „kosmischen Staube,“ aber — und dies ist gerade die Grundlage der beiden Betrachtungsweisen — nicht in dem im kosmischen Raume frei zerstreuten Dunst selbst, sondern in der bereits in einem Balle versammelten grossen Masse, in welcher erst die gegenseitige Anziehung die Wirkung eines wahren Druckes hervorzubringen vermag. Ich muss mich dem Freih. von Reichenbach zu wahrem Danke für diese Nachweisungen verpflichtet erklären, wenn sie gleich zu einem ganz anderen Zwecke unternommen waren, als um meinen Ansichten als Erläuterungen zu dienen.

Ich hatte bei der obigen Betrachtung absichtlich die Einwirkung einer Sonnenwärme vernachlässigt, weil doch noch keine eigentliche Atmosphäre vorhanden war. Den Weltraum kennen wir aber als kalt, und wohl in sehr grosser, weiter Ausdehnung. Gewiss dürfen wir einmal ganz gleiche Verhältnisse für unsere Erdbahn mit ihren 21 Millionen Meilen Halbmesser annehmen, dann aber auch bis jenseits der Neptunsbahn, mit ihrer 30fachen Erdweite, und auch noch weit hinaus, wo vielleicht noch mehrere Planeten, gewiss aber Kometen ihre Bahn verfolgen, wo die Entfernung Neptun's erst den 7000sten Theil der Entfernung des nächsten Fixsternes beträgt [1]. Aber während die Erde einen Jahreslauf vollbringt, ist die Sonne mit ihr und dem ganzen Systeme nicht weniger als 11 Erdweiten (in einer Secunde 7 Meilen) [2]) fortgeschritten!

[1]) Mädler, Astronomie in Bädeker: Die gesammte Naturwissenschaft. Bd. III, S. 595.
[2]) Mädler, a. a. O. S. 629.

„Alle Umstände sprechen dafür, dass seit 3300 Jahren die Temperaturverhältnisse von Palästina sich nicht wesentlich geändert haben“ [1]). In dieser Zeit haben wir also mit unserer Erde, unabhängig von der Bewegung in der Erdbahn einen Längenraum von nicht weniger als 36.300 Erdweiten durchlaufen, für das Licht selbst eine Reise von 209 Tagen! Es ist dies wohl schon ein ganz wesentlicher kalter Raum, gegen welchen unsere, dem Erdplaneten selbst angehörigen näheren Verhältnisse verschwindend klein sich ausnehmen, und doch wie verschwindend klein, selbst jene, gegenüber dem Weltraume!

Aus der Annahme, dass doch jährlich 4500 Centner oder mehr an Meteoritenmasse unserer Erde zuwächst, in einem Jahrtausend $4^1/_2$ Million Centner, hat Freiherr von Reichenbach Betrachtungen angestellt, ob denn nicht die Länge der Zeit solche Massen in so grosser Menge zuführen könnten, dass der Zuwachs nicht ohne Eindruck auf anderweitige Verhältnisse bleiben würde [2]). Die Länge der Perioden ist aber dann doch zu gross, um auf unsere Einbildungskraft zu wirken. Zur Bildung eines Balles wie unsere Erde, wären dreitausend Trillionen Jahre erforderlich. Aber für eine andere Betrachtung scheint mir wohl hier der Ort zu sein. Dürfen wir nicht fragen, wenn die Erde in ihrem einjährigen Gange um die Sonne 4500 Centner Masse aufnimmt, was würde geschehen sein, wenn sie durch einen andern Pfad im Weltraume gewandelt wäre? Würde sie nicht auf jedem eben so langen Wege eben so viele Masse getroffen haben? Herrn R. P. Greg's sorgsame Vergleichungen zeigen, dass die Fälle häufiger in der Sonnenferne als in der Sonnennähe sind. Aber die Sonne ist ja selbst, wie oben erwähnt, nicht unbeweglich, ihre Bewegung im Gegentheil die rascheste. Während die Erde 4500 Centner an Gewicht aufnahm, hatte sie in ihrer Bahn um die Sonne $2\,r\pi$ zurückgelegt, wo r die Erdweite in runder Durchschnittszahl genommen wird; zugleich aber bei dem Fortschreiten des ganzen Sonnensystems eine Entfernung von $11\,r$. Für die gegenwärtige Betrachtung ist es wohl hinreichend, den Ausdruck $r\sqrt{(121 + 4\pi_2)}$ oder selbst von $13\,r$ (statt 12·65) zu

[1]) Koppe, Physik und Meteorologie. Die Naturwissenschaft. Bädeker. Bd. I, S. 169.

[2]) Über die Anzahl der Meteoriten und Betrachtungen über ihre Rolle im Weltgebäude. Poggendorff's Ann. 1859, Bd. CV, S. 551.

nehmen. Eine Vergleichung des Rauminhaltes s, welchen die Erde, und S, welchen das Sonnensystem im Laufe eines Jahres durchzieht, selbst wenn man für letzteres nur etwa den doppelten Durchmesser der Neptunsbahn, also 120 Erdweiten annimmt, während in runder Zahl statt des Erddurchmessers selbst die viel grössere Zahl von 2000 Meilen, oder 0·0001 r zum Grunde gelegt wird, gibt.

$$
\begin{aligned}
S:s &= 120^3 \times 11:13 \times 0{\cdot}0001^3 \\
&= 14400 \times 100{\cdot}000{\cdot}000 \times 11:13 \\
&= 1{\cdot}440000{\cdot}000000 \times 11:13 \\
&= 15{\cdot}840000{\cdot}000000:13 \\
&= 1{\cdot}218460{\cdot}000000:1
\end{aligned}
$$

Die Raumzahl von mehr als einer Billion mit 450·000, dem jährlichen Zuwachs der Erde multiplicirt gibt die Anzahl der Pfunde Meteoriten, welche in dem Raume innerhalb unseres Sonnensystems im Fortschritte eines Jahres schwebend und sich nach allen Richtungen in raschester Bewegung kreuzend angenommen werden dürfen. Diese Zahl von mehr als einer halben Trillion Pfund ist doch noch nicht sehr ansehnlich in Vergleich mit dem Gewichte unserer Erde selbst, das auf 13⅓ Quadrillionen Pfund berechnet ist [1]). Der Durchmesser einer Kugel und der Erde würden sich = 1 : 29 verhalten. Die Erde ist noch immer 27millionenmal schwerer als sämmtliche in einer Jahresstufe der Bewegung unseres Sonnensystems in demselben sich kreuzenden Meteoriten, ein jährlicher Zuwachs von 4500 Centner angenommen, und für die doppelte Neptunsweite verglichen.

Das wäre ein Ergebniss aus der genannten Voraussetzung. Ein weit grösseres Verhältniss der in kleinen Körpern vertheilten festen Materie würde erhalten werden, dürfte man die grosse Anzahl der Meteore zum Grunde legen, welche als Feuerkugeln ohne Fall, als grössere und kleinere Sternschnuppen und Schwärme in unserer Atmosphäre sichtbar werden, durch das Zusammendrücken der Luftschichten, wenn auch nicht in jedem Falle durch Abbrennen, wie es indessen allerdings Freiherr von Reichenbach für Eisenmeteore aus der Betrachtung der Callum'schen Kügelchen wahrscheinlich

---

[1]) Bädeker, Nöggerath, Geologie und Geognosie. S. 110.

machte, und wie es Herr Prof. T. H. Newton von Yale College, New Haven, in seinem Artikel vom 22. August 1860 überhaupt annimmt, wenn er sagt: „man berechnet aus gründlichen Beobachtungen, dass nicht weniger als 10 Millionen Meteore täglich in die Atmosphäre eintreten und abgebrannt werden.“ Über vierthalbtausend Millionen im Jahre würden freilich auch für den Inhalt des grossen Raumes eine ansehnlichere Zahl geben. Aber ist es nicht wahrscheinlich, dass nicht nur unser Fixsternsystem, sondern der Raum überhaupt von Körpern dieser Art erfüllt ist? Und von diesen gehören doch wohl eigentlich nur die geringste Anzahl und diese nur vorübergehend unserem eigenen Sonnensysteme an. Nicht alle sind wohl abgebrannt oder abgeschmolzen. Hat doch z. B. der grosse 14 Pfund schwere von mir beschriebene Stein von Segowlee fast ganz die Schärfe seiner Kanten bewahrt. Einige derselben sind nicht bis zur Tiefe Einer Linie abgerundet. Aber von Meteoriten, die aus leichterem Stoffe bestehen, werden gewiss sehr viele in ihrer raschen Bewegung durch die Zusammendrückung der Luft wieder in den Weltraum abgewiesen. Daher sind erdige oder kohlige Meteoriten, wie die vom Bokkeveld, von Alais und andere von der grössten Wichtigkeit.

Indessen erschöpfen doch die Meteoritengesteine lange nicht die Mannigfaltigkeit der Gebirgsarten unserer Erde. Namentlich fehlen diejenigen, welche die eigentlichen festesten Theile unserer Erdrinde Granit, Gneiss, Glimmerschiefer ausmachen, um Eine Species aber vor Allem zu nennen, es fehlt der Quarz [1]). So bleibt vor der Hand nur eine beschränkte Abtheilung der fortschreitenden Veränderungen für die Meteoritenwelt, wie sie uns in Beispielen bisher zugekommen ist, übrig. Ist es diejenige, welche in der Geschichte eines Himmelskörpers bis zu einer möglichen Zertheilung desselben in Bruchstücken, einem „Zerspringen“ allein stattfinden kann? Und lässt sich für die Möglichkeit eines solchen Zerspringens irgend ein Vorgang aufstellen, der unseren physikalischen Gesetzen nicht widerspricht? Einige Betrachtungen in dieser Richtung ent-

---

[1]) Einzelne Quarzkrystalle in Toluca-Eisen (*Xiquipilco*) seitdem von meinem hochverehrten Freunde Gustav Rose mit Sicherheit nachgewiesen. Monatsber. der k. Akad. der Wissenschaften zu Berlin. 11. April 1831.

sprechen wohl einem wahren Bedürfnisse. Ich schliesse sie hier in wenigen raschen Zügen an, von der oben gegebenen Beschaffenheit einer Septarie ausgehend, ähnlich welcher die äussere Schale eines Weltkörpers durch Gravitation, den Druck in der Richtung des Mittelpunktes fest und steinartig wird, lange bevor das Innere gleichmässig zusammengepresst wurde. Für numerische Daten vergleiche ich unseren Erdkörper. Längst ist bereits eine möglicher Weise früher vorhandene Beweglichkeit der zunächst an einander liegenden Theilchen in den festen Massen der Erdrinde ausgeglichen. Ein eigentlicher Reactionshorizont ist längst gebildet, wie ich diesen Begriff bei einer früheren Veranlassung in einer Versammlung von Freunden der Naturwissenschaften am 25. Februar 1848 andeutete [1]). Der höchste Druck findet in jener Tiefe Statt, wo die grosse feste Masse auf das unten liegende zusammengepresste Innere trifft. Wir dürfen auch voraussetzen, dass eben durch diesen Druck diese unten liegende Masse in glühendem geschmolzenem Zustande erhalten wird. Der Druck der Atmosphäre auf einen Quadratfuss Oberfläche, gleich dem Gewichte einer Säule Wassers von 32 Fuss Höhe ist wie oben bemerkt 1804·8 Pfund. Eine Säule von 10 Fuss Höhe in runder Zahl eines Stoffes, dessen specifisches Gewicht = 3·0, gibt nahe denselben. Bei der Höhe von einer Meile oder von 24.000 Fuss ergeben sich 2400 Atmosphären, bei 5 Meilen Dicke der Erdrinde, um welche Zahl herum selbe jetzt vielfältig angenommen wird, nicht weniger als 12.000 Atmosphären Druck. Die Wirkung einer Masse, welche an der Erdoberfläche als 1 Pfund schwer wirkt, übt auf dem Monde nur den Druck von $^2/_{11}$ Pfund aus, auf der Sonnenoberfläche aber den von $28^1/_2$ Pfund [2]). Anstatt 5 Meilen wird derselbe Druck auf dem Monde eine Dicke der Mondrinde von $32^1/_2$ Meile, auf der Sonne eine Dicke der Sonnenrinde von nur $^3/_{17}$ Meilen oder 4·235 Fuss verlangen.

Ursprünglicher Druck findet nur so lange Statt, als der Körper nicht vollkommen starr geworden ist, denn sobald dieser Zustand eingetreten ist, steht Alles innerhalb desselben im Gleichgewichte, aber Druck muss alsbald wieder eintreten, wenn durch Temperatur-

---

[1]) Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften u. s. w. Bd. IV, S. 103.

[2]) Mädler, Astronomie. S. 577 u. 556.

wechsel der starre Zustand aufgehoben ist. Der starre Körper bleibt aber doch immer ein Wärmeleiter. Wovon wir in der Untersuchung des festen Erdinnern von Gesetzen der Wärmezunahme Kenntniss erhalten, das ist die geleitete Wärme, mitgetheilt von der in grösseren Tiefen erzeugten, aus welchen die Vulcane uns die Beweise in ihren Ausbrüchen unmittelbar hervorbringen. In den Gegenden, wo diese häufiger an der Erdoberfläche vertheilt sind, steht, wie sich Humboldt so treffend ausdrückt: „das geschmolzene Innere unseres Planeten am permanentesten mit dem Luftkreise in Verbindung.“ In diesem Augenblicke ist dies der Streifen, welcher sich zwischen 75 Grad westlicher und 125 Grad östlicher Länge von Paris, wie von 47 Grad südlicher bis 66 Grad nördlicher Breite von Südost nach Nordwest in dem mehr westlichen Theile der Südsee hinzieht“ [1]). Es verdient gewiss alle Beachtung, dass gerade im Westen dieser Gegend das ganze Land der alten Welt liegt, im Südwesten nur noch durch den indischen Ocean getrennt, dieser aber so wie die Südsee im Osten grosse Senkungsflächen darstellen [2]), und dass im Osten von letzteren wieder die Reihengruppen von thätigen Vulcanen das Festland von Amerika einsäumen. Merkwürdig steht damit die Thatsache der viel weniger hohen Schichte der Atmosphäre gegen den Südpol zu in Verbindung, wie ein Druck festen Hochlandes von dorther gegen das Erdinnere ausgeübt, nachdem die Erdrinde schon in einer sehr frühen Periode des Bestehens unseres Planeten rauh im Zickzack nach den gegenwärtigen Hauptformen gebrochen und in ihren Theilen gegen einander verschoben wurde.

Fände der Fortschritt des Festwerdens der äusseren Schale bis zum Stillstande Statt, bevor die noch nicht zur vollständigen Annäherung gebrachten Theilchen der ursprünglichen kosmischen Materie im Innern ihren kleinsten Raum erfüllten, so könnte allerdings für diese ein ganz von dem frühern unabhängiger Bildungsvorgang beginnen, und eine zweite concentrische Schale, innerhalb der ersten

---

[1]) Physikalische und geognostische Erinnerungen. Reise der Novara um die Erde. Seite 20.

[2]) *Areas of Subsidence*, nach Darwin's Theorie der Bildung der Korallenriffe. — Humboldt, Physikalische und geognostische Erinnerungen. Reise der Novara um die Erde.

wäre möglich, und mit ihr, eingeschlossen ein neuer innerer zweiter Herd vulcanischer Thätigkeit, während der erstere erloschen wäre. Zieht man bei dem Durchmesser des Mondes von 408 Meilen (0·264 der Erde) und dessen Dichte von etwa 3·37 [1]), die beiderseits zu 32·5 Meilen gesetzte Rinde ab, so bleiben doch noch immer 403 Meilen für das Innere übrig, wo eine solche neue Kugelschalenbildung möglich wäre. Ganz ohne Störung wäre es aber dann doch möglich, dass ein weiteres Dichterwerden aus dem ersten moleculären Zustande, noch mit der Temperatur des Weltraumes nicht ruhig vor sich ginge. Es bleibt die Möglichkeit, dass die Schale gewaltsam dadurch zerbrochen wird, dass im Innern ein wirkliches Vacuum durch die Zusammenziehung entstanden war. Wäre aber die Temperatur durch Mittheilung, durch Leitung bereits ausgeglichen, während die Schale nach allen Richtungen luftdicht, und mit hohem Drucke bei grosser Festigkeit schliesst, so lässt sich auch die entgegengesetzte Möglichkeit nicht wegleugnen, dass im Innern sich Gasarten entwickeln, und zu hoher Spannung gelangen, dass allerdings eine wahre Explosion, ein Zerbersten, ein Platzen, wie bei einem Schiesspulver-Hohlgeschoss stattfinden kann.

Was ist es, dass die grosse Verschiedenheit in den Dichten der Himmelskörper unseres Sonnensystemes bedingt? Sind es die Verhältnisse der Elemente allein, aus welchen sie, in der Art wie unsere Erde bestehen, oder liegt es, wenigstens zum Theile in dem Zustande einer fortschreitenden Ausbildung. In der Ordnung der Dichten zeigen sich folgende Zahlen Mercur 6·71, Erde 5·44, Mars 5·15, Venus 5·02, Mond 3·37, Sonne 1·37, Jupiter 1·29, Neptun 1·21, Uranus 0·98, Saturn 0·75.

Bekanntlich war es Olbers, der schon bei der Entdeckung der kleinen Planeten Ceres und Pallas die Hypothese aufstellte, sie könnten Bruchstücke eines früheren grösseren Planeten sein. Als noch Juno und Vesta entdeckt waren, untersuchte Lagrange [2]), welche Explosionskraft erforderlich sei, damit ein Planet so zer-

---

[1]) Arago, Populäre Astronomie. Von Hankel. Bd. IV, S. 35.

[2]) *Sur l'origine des comètes. Lu au bureau des longitudes, le 29 janvier 1812. — Connaissance des tems etc., pour l'an 1814. Avril 1812. Page 211.*

brochen werde, dass ein Bruchstück desselben zu einem Kometen werden, eigentlich in einer Kometenbahn sich bewegen könne. Eine Impulsion nicht grösser als 12- bis 15mal die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel (zu 1400 Fuss in einer Secunde, ziemlich gleich der täglichen Bewegung eines Punktes im Äquator unserer Erde) würden die Trümmer eines Planeten, freilich unter der Voraussetzung, dass der Halbmesser seiner Bahn hundert Erdweiten beträge, in allen Richtungen in rechtläufige oder rückläufige elliptische und parabolische Kometenbahnen, eine grössere in hyperbolische werfen, welche nach ihrem ersten Perihel unser Sonnensystem für immer verliessen.

Es ist gewiss sehr schwierig, Ansichten zu begründen, wo und wie Bruchstücke fester wahrer Gebirgssteine, wie die Meteoriten sich uns unbezweifelbar darstellen, aus einem früheren Verbande gewaltsam herausgebrochen und in ferne Sonnensysteme geschleudert werden können, dennoch bleibt bei ihrer charakteristischen Bruchstücksgestalt und dabei ihrer kosmischen Geschwindigkeit keine andere Voraussetzung übrig. Eine noch so gewagte Darstellung einer Möglichkeit, unter Beachtung wenigstens der uns bekannten Naturgesetze wird doch zu irgend einer Zeit wieder Anlass zu Beurtheilung geben. Ich glaubte daher die Betrachtungen, welche sich mir darboten, und welche ich im Verlaufe mehrerer Mittheilungen über einzelne Vorlagen aus der Meteoritenwelt anzudeuten wagte, hier für sich zusammenstellen zu müssen, unbekümmert selbst um den Vorwurf der, ich gestehe es unaufgefordert, mich billig trifft, ungescheut in Regionen der Naturforschung mich ergehen zu wollen, für welche ich doch gar zu wenig vorbereitet bin. Bei der Abweichung mancher der hier in blossen Umrissen gegebenen Ansichten, von solchen, welche jetzt gewöhnlich sind, muss ich aber noch mehr um freundliche Nachsicht bitten, da sie nur gewissermassen ein Programm zu genauerer Forschung darstellen. In früheren Zeitabschnitten der Entwickelung der menschlichen Gesellschaft war das *nonum prematur in annum* mehr in der Möglichkeit gegründet als gegenwärtig. Aber es hat ein rückhaltsloses Hingeben auch wieder seine vortheilhafte Seite, indem die dem Gegenstande befreundeten gleichzeitigen Forscher Veranlassung finden, ihre ähnlichen oder abweichenden neugebildeten Ansichten mit den vorliegenden zu vergleichen. Ich habe auch allerdings selbst

mehr als einmal in einzelnen Gesprächen und Briefen Theile derselben vorzunehmen Veranlassung gehabt.

Ich darf nicht versäumen, auf die Analogie aufmerksam zu machen, zwischen den hier angestellten Betrachtungen aus wenigen ganz einfachen Voraussetzungen, und den Ergebnissen der im Zusammenhange betrachteten Grundzüge der gesammten Naturwissenschaft in dem neuen Werke des Herrn Geh. Medicinalrathes Dr. C. G. Carus „Natur und Idee, oder das Werdende und sein Gesetz, Wien 1861." Es ist dort Seite 156 für den Bestand unserer Erde eine Hohlsphäre angenommen, dann käme die Schmelzregion, und wieder eine feste Schale, „während dann im hohlen Erdinnern nicht füglich etwas Anderes, als der ätherisch nebelhafte Urstoff der Erdbildung selbst zu denken möglich bliebe." Auf Seite 153 heisst es: „Eine jede kosmische Sphäre entsteht durch den Gottesgedanken (Idee), welcher im indifferenten Äther den Schwerpunkt ihrer Existenz, und diesen zwar dadurch setzt, dass mächtigere oder geringere Massen different gewordenen Äthers um diesen idealen Punkt sich als Sphäre in steter Lebensbewegung anhäufen, eine Lebensbewegung, welche nur die Urbewegung der Sphären, die Rotation sein kann." Man wird mir wohl den anstatt der hier angewendeten Terminologie mir geläufigeren Ausdruck der „Schöpfung" gestatten. Einfach gestellt ist die Frage auf Seite 151: „Haben wir die Himmelskörper als solide Kugeln oder als Hohlkugeln zu denken?" Wenig der von mir versuchten Nachweisung entsprechend, und ich glaube auch der wahren Natur derselben, scheint mir aber die eben da ausgesprochene Ansicht der Wahrscheinlichkeit, dass die Meteore höchst wahrscheinlich auch nur als hohle Dunstkugeln angesehen werden dürfen." Die Erscheinung freilich ist kugelartig, aber sie ist ja secundär, bedingt durch die Wirkung des festen Kernes in seiner raschen Bahn.

Ungeachtet der allerdings vorhandenen Analogie, ruht doch das Ganze der Betrachtungsweise in dem Werke: „Natur und Idee" auf Voraussetzungen allgemeinerer Art, während ich mich bestrebte, an dem Faden der Induction zu den Ergebnissen zu gelangen, welche ich im Vorhergehenden darzulegen versuchte. In meinen Betrachtungen glaube ich mich streng dem Verlangen des grossen Meisters gefügt zu haben. „Auch in der Region des blos Muthmasslichen darf

nicht eine ungeregelte, auf alle Induction verzichtende Willkür der Meinungen herrschen" [1]).

Ich stelle noch, aber nun in Einer Reihe, die leitenden Sätze der vorhergehenden in zwei entgegengestellten Abschnitten verfolgten Entwickelungen zusammen:

I. 1. Durch das Allmächtige „Werde" entstand aus Nichts in dem Weltraume, wie er uns jetzt bekannt ist, Materie mit den mannigfaltigsten Eigenschaften begabt, wie wir sie jetzt zu erforschen vermögen, in dem zertheiltesten Elementarzustande, im *Status nascens*.

2. Ähnlich den feurigen Schmelzkugeln der La Place'schen Bildungtheorie, aber aus dem kosmischen Staube geballt, besteht der Weltkörper.

3. Der Druck der äussersten Schichten gegen die tiefer liegenden, und die Pressung der ungleichartigen und der gleichartigen Theilchen an einander steigert die Temperatur und es beginnt „die Reaction des Innern des Weltkörpers gegen seine Rinde und Oberfläche" [2]).

4. Eine feste Rinde wird nämlich gebildet, während der innerste Raum noch im Fortschritt des Festwerdens ist.

5. Unterschied expansiver Spannung im Innern und Äussern kann eine Explosion des Weltkörpers verursachen. Die Bruchstücke werden nach allen Richtungen geschleudert und durchziehen die Räume der Fixsternwelten.

II. 1. Ein Bruchstück trifft in seiner Bahn die Atmosphäre unserer Erde.

2. Seine kosmische Geschwindigkeit trifft in ihr auf den Widerstand, der sie hemmt.

3. Während dieser Zeit wird durch Pressung Licht und Wärme entwickelt, der Meteorit rotirt, er erhält eine Schmelzrinde.

4. Die heisse Luftschichte ballt sich zu einer „Feuerkugel" hinter dem Meteor zusammen.

5. Der Stillstand des Meteors ist das Ende seiner kosmischen Bahn.

---

[1]) Humboldt, Kosmos I, S. 137.
[2]) Humboldt, Kosmos I, S. 209.

6. Licht- und Wärmeentwickelung erlischt, das Vacuum der Feuerkugel wird plötzlich unter gewaltiger Schallerregung erfüllt.

7. Der innere kalte Kern gleicht sich mit der Hitze der äusseren Rinde aus.

8. Der Meteorit fällt, als der Erde angehöriger schwerer Körper zur Erde nieder, um desto wärmer aus je besser die Wärme leitendem Material er besteht.

Beiträge zur Physiologie des Gehörorgans.

Von Dr. Adam Politzer in Wien.

(Vorläufige Mittheilung. [1])

(Vorgelegt von dem w. M. Prof. Karl Ludwig.)

I. Über die Innervation der Binnenmuskeln des mittleren Ohres.

A. Über die Innervation des *Musc. tensor tympani.*

Seit der Entdeckung des *Ganglion oticum* von Arnold ist auch der von diesem Ganglion abgehende Ast für den *M. tensor tympani* bekannt. Während jedoch Einige dessen motorische Elemente als dem *Facialis* angehörend darstellen (Longet), wollen Andere diesen Muskel vom *Trigeminus* (Luschka), noch Andere vom *N. petros. superf. minor* mittelst der Jacobson'schen Anastomose versorgt wissen. Die Unmöglichkeit, auf anatomischem Wege den Ursprung der motorischen Fasern des *M. tensor tympani* aufzufinden, erheischte die Entscheidung der Streitfrage durch das physiologische Experiment.

Bei den vorzugsweise an Köpfen eben getödteter Hunde vorgenommenen Versuchen handelte es sich darum: 1. die zum Muskel gehenden Nervenfasern nahe ihrem Centrum vor stattgehabter Anastomose, also in der Schädelhöhle isolirt, zu reizen, und 2. die durch die Contraction des Hammermuskels bedingten Veränderungen deutlich sichtbar zu machen.

---

[1] Die folgenden Untersuchungen wurden im physiologischen Institute der Josephs-Akademie unter der Leitung des Herrn Prof. K. Ludwig angestellt.

Die Vortheile, welche der abgeschnittene Kopf eines eben getödteten Hundes als Versuchsobject bildet, sind: 1. Die geräumige, mit einer unteren Knochenblase versehene Trommelhöhle, in welcher nach Hinwegnahme jener Knochenblase das nach innen gewölbte Trommelfell, der Hammergriff und dessen Muskelfortsatz, ein Theil des *Tensor tympani*, weiter nach hinten das Stapes-Ambos-Gelenk, unter demselben das runde Fenster zu sehen ist. 2. Die bedeutende Entwickelung des *Tensor tympani*, welcher im Längendurchmesser 4 — 6 Millim., an seinem dicksten Theile 3—4 Millim. misst; dieser ist zum grössten Theile von einer knöchernen Kapsel umschlossen, wodurch die Verdunstung des Muskels verhindert wird, woraus sich die nach dem Tode 10, 15 — 20 Minuten andauernde Reizbarkeit erklärt. 3. Die nach der Excerebration des abgeschnittenen Kopfes noch einige Zeit nach dem Tode andauernde Reizbarkeit der Nervenstämme in der Schädelhöhle. 4. Werden alle Nachtheile der Blutungen beseitigt.

Bei den Versuchen wurde folgendermassen vorgegangen. Man trennte bei einem eben getödteten Hunde den Kopf vom Rumpfe in der Art, dass man nach Lostrennung des Kehlkopfes und der unteren Rachenpartie mit einer starken Knochensäge, die man $1/4$ Zoll hinter den leicht durchfühlbaren Trommelhöhlenblasen senkrecht ansetzte, einen Theil des Hinterhauptknochens entfernte; hierauf wurde mittelst eines schräg angesetzten Meissels so viel von der Knochenblase weggenommen, bis die Gebilde der Trommelhöhle deutlich zu Tage lagen. Nun wurde mit einem Hirnlöffel das Gehirn durch die gebildete Lücke im Hinterhaupte entfernt, die Stümpfe des *Trigeminus*, *Facialis* und der vereinigten *Glossopharyngeus*, *Vagus* und *Access. Willisii* isolirt und nach einander mit den Elektroden eines Neef'schen Elektromotors gereizt. Bei der Isolirung hat man besonders auf die Entfernung eines zwischen *foram. ovale* und *meat. audit. int.* fast constant vorkommenden Gefässbündels zu achten, da dieses leicht bei Reizung der genannten Nerven zu Stromschleifen Veranlassung gibt. Es wurde nur mit schwachen Strömen gearbeitet.

a) Versuche bei unverletztem Trommelfell und directer Ansicht desselben.

Reizt man die isolirten Nerven in der Schädelhöhle nach einander, so sieht man nur selten, und dies besonders bei Hunden mit starkem *Tensor tympani*, eine geringe Formveränderung des sicht-

baren Theiles desselben und nur bei aufmerksamer Betrachtung eine geringe Abweichung des Hammergriffes nach innen bei Reizung des *Trigeminus*. Um also den Effect der Muskelcontraction deutlicher zu machen, wurden folgende Verfahren eingeschlagen.

b) Versuche bei Lostrennung des Trommelfells von seiner Insertion an der äusseren Trommelhöhlenwand.

Es wurde mit einem kleinen schmalen Scalpelle das Trommelfell an seiner Peripherie von seiner Anheftung am knöchernen False durchtrennt, so dass der Hammergriff frei lag. Nur bei Reizung des *Trigeminus* machte der Hammergriff $^1/_2$—1 Millim. grosse Excursionen. Durchschnitt man die Sehne des *Tensor tympani*, so blieb der Hammergriff bewegungslos, trotzdem dass bei jeder Reizung des *Trigeminus* der losgetrennte Muskel sich kräftig contrahirte.

c) Versuche bei unverletztem Trommelfell mit einem in den äusseren Gehörgang luftdicht eingesetzten Manometer-Röhrchen.

Es wurde bei offener Trommelhöhle das Ohr mit dem knorpeligen Gehörgange knapp am knöchernen Theile abgeschnitten, hierauf wurde ein 1$^1/_2$ Millim. weites Manometer-Röhrchen, dessen eines Ende mit dem betalgten Stücke eines Kautschukrohrs umgeben war, luftdicht in den knöchernen Gehörgang eingesetzt. Bei jeder Reizung des *Trigeminus* wurde ein Tropfen Carminlösung im Manometer 3—5 Millim. gegen den Gehörgang hinein gezogen. Bei Unterbrechung des Stromes kehrte er an seinen früheren Ort zurück.

Eine Modification dieses Versuches ist folgende: Man verstopft die *Tuba* mit einem dünnen zugespitzten kurzen Glaspfropf und macht mit einer spitzen Kneipzange eine so grosse Öffnung in die Knochenblase der Trommelhöhle, dass man ein gerades Manometer-Röhrchen von der angegebenen Weite in die Trommelhöhle führen kann, ohne die Gebilde damit zu berühren. Zum luftdichten Abschlusse wird die Lücke der Knochenblase um das Röhrchen mit einer geschmolzenen, rasch erstarrenden Wachsharzmasse umgossen. Bei jeder Reizung des *Trigeminus* steigt ein Tropfen Carminlösung im Manometer so hoch, als er beim vorigen Versuche gesunken war. Bei Reizung des *Facialis* erhält man eine negative Schwankung von etwa $^1/_4$ Millim. Es sei noch vor der Hand dahin gestellt, ob dies von einer Erschlaffung des Trommelfells durch den *Stapedius* bewirkt wird.

d) Versuche an Hühnern.

Das Huhn besitzt einen ganz kurzen nur hinten hervorspringenden Gehörgang, nach dessen Entfernung das nach aussen convexe Trommelfell mit seinem dreieckigen Knorpel frei zu Tage liegt.

Unterbinde ich die Carotiden eines Huhnes, öffne und excerebrire die Schädelhöhle und isolire die Stämme des *Trigeminus* und *Facialis*, so sehe ich bei jedesmaliger Reizung des *Trigeminus* den dreieckigen Knorpel durch den Zug des *Tensor tympani* nach hinten und aussen rücken; dabei wird die hintere Hälfte des Trommelfells gespannt und bleibt glatt, während die vordere Partie sich in Falten legt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass der *Tensor tympani* von der *pars motoria nervi quinti* versorgt wird.

B. Über die Nervenverbreitung im *Musc. Stapedius*.

Nach übereinstimmender Angabe der Anatomen erhält der *Musc. Stapedius* ein Zweigchen vom *N. Facialis*, ein Theil der Physiologen lässt es jedoch unentschieden, ob dessen motorische Elemente den Centralfasern des *Facialis* angehören.

Der *Musc. Stapedius* beim Hunde ist im Verhältnisse zum *Tensor tympani* sehr klein; er misst beiläufig nach der Längen- und Breitendimension $1^{1}/_{2}$ Millim. und liegt im Fallopischen Canal auf der Scheide des *Facialis*. Die Versuche über die Contractionen des *Musc. Stapedius* bei Hunden sind äusserst delicater Natur, da die Contractionsfähigkeit schon nach einigen vom Nerve aus eingeleiteten Zuckungen erlahmt.

a) Versuche bei theilweiser Entfernung des Promontoriums.

Es wurde mittelst einer spitzen Kneipzange vorsichtig vom Promontorium so viel entfernt, bis die Schenkel des Stapes frei lagen. Hierauf trennte man mit einem feinen Messerchen das Stapes-Ambos-Gelenk. Bei jeder Reizung des *Facialis* sah man bei Betrachtung mit einer erwärmten Loupe das Stapesköpfchen etwas nach hinten rücken. Durch die Lockerung der Stapesplatte im ovalen Fenster bei Hinwegnahme des Promontoriums und der Durchschneidung des Stapes-Ambos-Gelenkes wird eine grössere Beweglichkeit des Stapes erzielt.

b) Versuche bei unverletzten Gebilden und directer Ansicht des Stapes-Ambos-Gelenkes.

Liess ich mir auf das Stapes-Ambos-Gelenk ein Lichtbildchen entwerfen, so sah ich bei Reizung des *Facialis* unter Loupenvergrösserung das Stapesköpfchen nach hinten rücken und das Lichtbildchen seinen Ort verändern.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Centralfasern des *Stapedius* dem *Facialis* angehören.

II. Über den Einfluss des Musculus tensor tympani auf die Druckverhältnisse des Labyrinth-Inhaltes.

War es mir gelungen, vom *Trigeminus* aus wiederholte Contractionen des *Tensor tympani* einzuleiten, so war dies ein Mittel, um den Einfluss der Contractionen dieses Muskels auf die Kette der Gehörknöchelchen und auf die Druckverhältnisse des Labyrinth-Inhaltes zu studiren. Der Einfluss auf die Bewegung der Gehörknöchelchen wurde dadurch nachgewiesen, dass man ein Lichtbildchen, welches man sich auf das Stapes-Ambos-Gelenk entwerfen liess, beobachtete. Bei jeder Reizung des *Trigeminus* rückte das Lichtbildchen nach innen gegen die Richtung des runden Fensters. Die Versuche zur Constatirung des Einflusses auf die Labyrinthflüssigkeit sind folgende:

a) Versuche bei geöffnetem oberen Halbzirkelgange.

Es wurde der hintere Abschnitt der oberen Fläche der Pyramide von der *dura mater* rasch entblösst, mit der Vorsicht, dass die *dura mater*, welche die isolirten Nervenstämme umgab, nicht mit abgezogen wurde; es lag nun der deutlich als Bogen vorspringende obere Halbzirkelgang frei, dessen oberste Partie, mit einer spitzen Kneipzange entfernt, die etwa 1 Millim. weite kreisrunde Durchschnittsöffnung des Bogenganges sehen liess. Bei Reizung des *Trigeminus* beobachtete man ein Steigen der Gehörflüssigkeit in der Durchschnittsöffnung. Zur schärferen Wahrnehmung des Phänomens liess man ein Tröpfchen Carminlösung durch die gebildete Öffnung in den Halbzirkelcanal fliessen und betrachtete die Öffnung unter Loupenvergrösserung. Bei geschlossener Trommelhöhle war das Steigen der Gehörflüssigkeit stärker als bei Entfernung der Knochenblase.

b) Versuche bei Eröffnung der *Scala vestibuli* in der Trommelhöhle.

Es wurde mit einer feinen zugespitzten Feile vorsichtig eine Öffnung in das vorspringende Promontorium gebohrt, wodurch die *Scala vestibuli* geöffnet wurde; in die gemachte Öffnung wurde ein Tröpfchen Carminlösung gegeben. Bei Reizung des *Trigeminus* stieg die Flüssigkeit in der Bohröffnung. Bei demselben Versuche gelang es mir, auf der andern Seite durch Hinwegsprengung der Bogengänge den Vorhof zu öffnen, so dass die Stapesplatte frei lag. Bei jeder Reizung des *Trigeminus* sah man die Stapesplatte etwas nach innen rücken.

c) Versuch bei geschlossenem Labyrinth mit einem in den Rahmen des runden Fensters luftdicht eingesetzten Manometer-Röhrchen.

Nach Eröffnung der Trommelhöhle wurde mit einer feinen Säge von der hinteren Trommelhöhlenwand ein so grosser Keil entfernt, dass das runde Fenster ganz frei da lag. Ich setzte nun in den Rahmen des runden Fensters ein gerades Manometer-Röhrchen von beiläufig $^1/_3$ Millim. Weite, dessen unteres Ende jedoch, entsprechend dem runden Fenster, weiter gelassen wurde, kittete dasselbe mit einer schmelzbaren Wachsharzmasse luftdicht ein. Bei jeder Reizung des *Trigeminus* stieg ein Tröpfchen Flüssigkeit im Manometer-Röhrchen $^1/_5$ — $^1/_4$ Millim. und sank beim Aufhören der Reizung an seinen früheren Ort zurück. Ich entfernte jetzt rasch jene Partie der *dura mater* in der Schädelhöhle, welche den oberen Halbzirkelgang bedeckt, und öffnete diese; bei abermaliger Reizung des *Trigeminus* blieb das Tröpfchen im Röhrchen ruhig, während die Flüssigkeit im Halbzirkelcanal deutlich stieg. Unter mehreren Versuchen erhielt ich blos einmal dieses positive Resultat, da es nicht leicht gelingt, mit dem Kitte das Röhrchen an die feuchte Schleimhaut der Trommelhöhle luftdicht einzukitten.

III. Untersuchungen über die Luftbewegung durch die Eustachische Ohrtrompete und die Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle.

Es ist bekannt, dass man während des Verschlusses von Mund und Nase durch eine kräftige Ex- oder Inspiration Luft in die Trommelhöhle drücken oder aus ihr ausziehen kann, dass man hiebei ein Gefühl von Völle im Ohr, Klingen, einen geringen Grad von Schwer-

hörigkeit verspürt, dass diese Gefühle auch eintreten, wenn man bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung eine Schlingbewegung macht, und wieder aufhören, wenn man nachher bei offener Nase die Schlingbewegung wiederholt.

Zum genaueren Studium der Luftdruckschwankungen in der Rachen- und Trommelhöhle bediente ich mich zweier Manometer; eines für die Rachenhöhle, das andere für den äusseren Gehörgang, in welchem die durch die Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle bedingten Localveränderungen des Trommelfells gemessen wurden. Das Manometer für den Rachenraum war ein grösseres (in seinen verticalen Schenkeln beiläufig 1 Zoll lang) mit einer Millimeter-Scala versehen, der horizontale Schenkel wurde mittelst eines Kautschukrohres mit dem hinteren Ende einer Itard'schen Röhre verbunden und diese in den hinteren Rachenraum durch die Nase eingeführt. Das Manometer für den äusseren Gehörgang bestand aus einem 2—3 Zoll langen geraden oder etwas gekrümmten 1½ bis 2 Linien weiten Glasröhrchen, dessen Einsatzstück mit einem dem Anfange des äusseren Gehörganges entsprechend geformten Kork oder Kautschukstücke versehen war, welches betalgt in den äusseren Gehörgang luftdicht eingesetzt wurde.

Die Vorsichtsmassregeln, welche man bei diesen Versuchen zu beobachten hat, sind: 1. Luftdichtes Einsetzen des Manometers in den äusseren Gehörgang. 2. Vermeidung jeder Kieferbewegung bei den Versuchen, da beim Senken des Unterkiefers der äussere Gehörgang verengert (im Gegensatze zur Ansicht von Larrey), beim Aneinanderrücken der Kiefer erweitert wird. 3. Man stelle die Versuche an Gesunden an, da Individuen mit Rachenkatarrh, mit Anhäufung von Ohrenschmalz sich nicht gut eignen; ebenso ist es besser, bei intelligenten Personen die Versuche anzustellen.

a) Versuche bei einfachen Respirationsbewegungen.

Das Manometer des äusseren Gehörganges wurde mit einem Tropfen, das Rachen-Manometer mit einer seiner Grösse angemessenen Menge gefärbter Flüssigkeit versehen. Bei ruhiger Respiration durch die Nase betrug die positive Schwankung bei der Exspiration, die negative bei der Inspiration 2—3 Millim. im Rachen-Manometer; im Manometer des Gehörganges war gewöhnlich keine Schwankung wahrnehmbar. An manchen besonders trockenen Tagen beobachtete

ich an mir sowie auch bei anderen Personen geringe Schwankungen des Tropfens von $^1/_4$—$^1/_2$ Millim., entsprechend den Schwankungen im Rachen-Manometer, ein geringes Sinken während der Inspiration und ein Steigen während der Exspiration. Die Schwankungen fallen dann um so grösser aus, je rascher ich die Luft durch die Nase streichen lasse und wenn ich der durchstreichenden Luft durch Schliessen eines Nasenloches einen grösseren Widerstand entgegensetze. Oft traten diese Schwankungen erst nach einer vorhergegangenen Schlingbewegung bei offener Nase ein und wurden durch eine Schlingbewegung wieder sistirt.

b) Versuch bei erhöhtem und vermindertem Luftdrucke.

Bei einer Exspirationsbewegung während des Verschlusses von Mund und Nase beobachtet man nebst dem Gefühle der eindringenden Luft in die Trommelhöhle eine rasche positive Schwankung im Ohr-Manometer um 2—5 Millim.; die positive Schwankung im Rachen-Manometer ändert sich je nach der Zeit und den Individuen von 160, 200—300 Millim. Wasserdruck. Mit dem Öffnen der Nase sinkt der Tropfen im Ohr-Manometer zurück. Macht man eine tiefe Inspiration bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung, so tritt im Ohr-Manometer eine negative Schwankung von 2—4 Millim. ein, während der negative Druck eben so wie der positive bei dem früheren Versuch sehr variirt. Beim Öffnen der Nase kehrt in der Regel der Tropfen im Ohr-Manometer an seinen früheren Ort erst nach einer Schlingbewegung zurück.

c) Versuche beim Schlingacte.

Durch Schlingbewegungen bei offener Nase werden im Ohr-Manometer keine Schwankungen hervorgebracht. Schliesst man jedoch Mund und Nase und macht eine Schlingbewegung, ohne vor Beendigung des Schlingactes die Nase wieder zu öffnen, so tritt eine negative Schwankung des Tropfens im Ohr-Manometer um 1—3 Millim. ein, im Rachen-Manometer im Beginne des Schlingactes eine positive von 5—10 Millim. und im Verlaufe des Schlingactes eine negative von 60—120 Millim. Wasserdruck, verschieden bei einzelnen Individuen und nach der raschen Vollführung des Schlingactes. Die negative Schwankung im Ohr-Manometer gleicht sich beim Öffnen der Nase nicht aus, ebenso nicht durch Hebung des Gaumensegels und

nicht bei versuchten Schlingbewegungen bei gesenktem Unterkiefer, sondern nur durch eine Schlingbewegung bei geschlossenem Munde und offener Nase.

Kleine mit dem Pulse zusammenfallende Schwankungen im Ohr-Manometer werden bei einzelnen Personen beobachtet.

Aus diesen Versuchen geht hervor:

1. Die Wandungen der *Tuba* liegen in der Regel verschieden innig an einander, nicht nur bei verschiedenen Personen, sondern auch bei einem und demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten, so dass manchmal eine grössere, ein andermal eine geringere Luftdruckdifferenz hinreicht, die Wände von einander zu entfernen.

2. Durch den Schlingact werden entweder durch Veränderung der Lage der *Tuba* oder durch Verminderung der Cohärenz der *Tuba*-Wandungen Verhältnisse herbeigeführt, welche eine Ausgleichung einer zwischen Trommelhöhle und Rachenhöhle bestehenden Luftdruckdifferenz herbeiführen.

3. Die Ansicht, dass durch eine Schlingbewegung bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung Luft in die Trommelhöhle gepumpt werde, ist durch diese Versuche widerlegt.

4. Dass eine Luftdruckdifferenz sich in der Richtung von der Trommelhöhle gegen die Rachenhöhle leichter ausgleicht als in der Richtung von der Rachenhöhle gegen die Trommelhöhle.

Die Wichtigkeit dieser Versuchsmethode für die praktische Ohrenheilkunde lässt sich nicht verkennen, da es durch das kleine Ohr-Manometer auf eine leichtere und weniger umständliche Weise, wie dies bisher geschah, gelingen wird, Undurchgängigkeiten der *Tuba*, Adhäsionen des Trommelfells (bei einem Falle gefunden) u. s. w. zu diagnosticiren.

IV. Über den Einfluss der Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle auf die Druckverhältnisse des Labyrinth-Inhaltes.

Seit J. Müller war man der Ansicht, dass die durch Luftdruckänderungen in der Trommelhöhle erzeugten Gefühle von Völle, Schwerhörigkeit, Ohrensausen ihren Grund in einer veränderten Spannung des Trommelfells haben. Man hat jedoch keine Rücksicht darauf genommen, dass der Druck in einer Höhle nicht einseitig, sondern nach allen Richtungen hin wirken muss, und daher kam es,

dass man den Druck auf die Membran des runden Fensters und der Steigbügelplatte mit der Umsäumungsmembran ganz ausser Acht liess.

Um die Druckverhältnisse im Labyrinth bei vermehrtem oder vermindertem Luftdruck in der Trommelhöhle zu studiren, stellte ich eine Reihe manometrischer Versuche mit möglichst frischen menschlichen Gehörorganen an, bei deren Herausnahme man die Eröffnung der Zellen des Zitzenfortsatzes vermied, so dass die Trommelhöhle blos durch die *Tuba*, die ganz am Präparate gelassen wurde, mit der äusseren Luft communiciren konnte. Nachdem die *dura mater* von der Pyramide abgezogen war, wurde mittelst einer feinen Rundfeile der obere deutlich vorspringende Bogengang geöffnet und durch die gemachte Öffnung ein gleichweites Manometer-Röhrchen von $^1/_4$ — $^1/_3$ Millim. Durchmesser, dessen unteres Ende, entsprechend dem oberen Halbzirkelcanale, gekrümmt war, bis zu $^2/_3$ mit Carminlösung gefüllt in den Halbcirkelcanal eingeführt und mit dem Harzwachskitte luftdicht eingesetzt.

Zur Hervorbringung constanter Druckschwankungen in der Trommelhöhle und im äusseren Gehörgang bediente ich mich eines manometerartig geformten Quecksilber - Druckapparates. Dieser besteht aus einem geraden und einem rechtwinkelig gebogenen Glasrohre; ersteres taucht mit einem Schenkel des rechtwinkelig gebogenen gemeinschaftlich in einen luftdicht geschlossenen, mit Quecksilber gefüllten kleinen Glaskolben; das horizontal abgehende Stück des gebogenen Rohres ist das Einsatzrohr in die *Tuba* und den äusseren Gehörgang. Das obere Ende des geraden Rohres wird mit einem mittelgrossen Kautschukballon verbunden, durch dessen Compression man nach Willkür einen Quecksilberdruck von constanter Grösse erzeugen kann.

Bevor ich zur Schilderung der folgenden Versuchsreihe schreite, muss ich besonders auf einen Umstand aufmerksam machen, der während des Versuches an einem und demselben Präparate berücksichtigt werden muss. Es werden nämlich die durch die künstlich erzeugten Luftdruckschwankungen bedingten Excursionen der Membran des runden Fensters und der Steigbügelplatte um so grösser, je länger der Versuch dauert, wegen der Reckung der *Membrana tympani secundaria*, wie auch des Bandes, das den Stapes an den Rand des ovalen Fensters heftet. Daher rührt es, dass die Schwan-

kungen im Manometer-Röhrchen des oberen Halbzirkelganges, welche proportional sind der Excursion der Membran des runden Fensters und der Stapesplatte schon nach vier bis fünf künstlich erzeugten Drücken variiren werden, weil durch die Reckung die Excursionsgrösse zugenommen hat. Eben so sind die Schwankungsgrössen bei verschiedenen Präparaten wegen der ungleichen Grösse des runden Fensters und der Stapesplatte verschieden. Es ist daher unmöglich, genaue Messungen der veränderten Druckverhältnisse im Labyrinthe anzustellen, und es lassen sich blos Verhältnissgrössen aufstellen, die dann einen allgemeinen Schluss gestatten.

a) Versuche vom äusseren Gehörgange aus.

Es beträgt bei geöffneter Trommelhöhle die von den Trommelfellbewegungen abhängigen Bewegungen der Gehörknöchelchen erzeugte Summe der positiven und negativen Schwankung im Manometer-Röhrchen $^1/_2$—1 Millim.

b) Versuche von der *Tuba* aus bei geschlossener Trommelhöhle.

Es beträgt die Summe der positiven und negativen Schwankung 1 $^1/_2$—3 Millim. Das Verhältniss der Schwankung vom äusseren Gehörgange zu dem von der *Tuba* aus erzeugten verhält sich bei allen Versuchen nahe wie 1 : 3.

c) Versuche von dem äusseren Gehörgange und der *Tuba* aus nach Trennung des Ambos-Stapes-Gelenkes.

Es wurde die Trommelhöhle von oben geöffnet und das Stapes-Ambos-Gelenk durchschnitten. Wird dann die Trommelhöhle wieder geschlossen, so erhalte ich vom äusseren Gehörgange nur während des positiven Druckes, während welches die getrennten Gelenkflächen zusammenschlagen, eine positive Schwankung im Manometer-Röhrchen von höchstens $^1/_4$ Millim. Von der *Tuba* aus bekomme ich jedoch eine Schwankungsvermehrung um $^1/_2$—1 $^1/_2$ Millim. und darüber, als Folge des aufgehobenen Widerstandes, den das Ambos-Stapes-Gelenk durch gleichzeitige Bewegung des Trommelfells und somit auch des Hammers und Amboses nach aussen, früher dem weiteren Hinanrücken der Stapesplatte in das ovale Fenster entgegensetzte. Aus demselben Grunde fallen die Schwankungen bei nicht getrenntem Ambos-Stapes-Gelenke grösser aus, wenn der

äussere Gehörgang luftdicht verschlossen wird, wodurch bei geändertem Luftdrucke in der Trommelhöhle die Bewegungen des Trommelfells möglichst beschränkt werden.

d) Versuche von der *Tuba* aus bei verstopftem runden Fenster.

Bei unverletztem Ambos-Stapes-Gelenke wurde, nachdem früher der Versuch *a)* und *b)* wiederholt worden, die Trommelhöhle von unten vorsichtig geöffnet, das runde Fenster mit einem Kitte luftdicht verstopft und die Trommelhöhle wieder geschlossen. Es tritt eine Schwankungsminderung ein, welche bei einzelnen Präparaten variirt und bei ganz frischen Gehörorganen im Beginne des Versuchs beiläufig mehr als die Hälfte der früheren Werthe beträgt.

Aus diesen Versuchen ergibt sich: 1. Der wichtige Einfluss der Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle auf den Inhalt des Labyrinthes. 2. Die wichtige Rolle der Membran des runden Fensters gegenüber der Trommelhöhle. 3. Die bekannten abnormen Gefühle im Ohr bei künstlich hervorgebrachten Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle, das bekannte, bisher mangelhaft gedeutete Phänomen bei den Tauchern finden hierin eine genügende Erklärung.

Über einige Reactionen des Bromamylens $C_5H_{10}Br_2$ [1]).

Von A. Bauer.

Mit Untersuchungen über das Amylenoxyd beschäftigt, war ich genöthigt, grössere Quantitäten von Bromamylen darzustellen und benützte diese Gelegenheit, um auch diesen Körper näher zu studiren, da über denselben ebenso wie über seine Derivate, ausser den kurzen Mittheilungen von Cahours [2]) nur wenig bekannt geworden ist. Der Umstand, dass der Amylenglycol sowohl, als insbesondere das Amylenoxyd in manchen Reactionen ein wesentlich anderes Verhalten zeigen, wie ihre Homologen niederer Ordnung, bewog mich dem Bromamylen eine grössere Aufmerksamkeit zu schenken, indem vermuthet werden konnte, dass auch dieser Körper sich in mancher Beziehung anders verhält, als die ihm homologen Bromverbindungen. Man kann in der That beim Bromamylen beobachten, dass es sich in einer ganzen Reihe von Reactionen auf zweierlei Arten zerlegt.

Einmal sieht man das Molecul C_5H_{10} als Radical austreten, ein anderesmal hingegen scheidet sich ein Äquivalent Wasserstoff vom Amylen und wird durch Brom ersetzt, es entsteht das gebromte Amylen C_5H_9Br, welches selbst wieder wie das Amylen als zweiatomiges Radical auftritt.

Einwirkung von essigsaurem Kali oder essigsaurem Silberoxyd auf das Bromamylen.

Die Einwirkung des essigsauren Silberoxydes sowohl als die des essigsauren Kali's auf Bromamylen versinnlichen beide Arten von doppelter Zerlegung, deren das Bromamylen unter gleichen Umständen fähig ist, je nachdem ein oder zwei Äquivalente des Acetates in den Process treten.

---

[1]) C=12, H=1, O=16.

[2]) Comt. rend. de l'Acad. XXXI. 294. Ann. de Chim. et de Phys. (3) XXXVIII. 90.

Im ersten Falle wird, wie Wurtz zeigte, nach der Gleichung

$$\overset{\prime\prime}{C_5}H_{10}Br_2 + 2\left(\begin{matrix}K\\C_2H_3O\end{matrix}\Big\}O\right) = \begin{matrix}\overset{\prime\prime}{C_5}H_{10}\\2(C_2H_3O)\end{matrix}\Big\}O_2 + 2KBr$$

Bromkalium und zweifach essigsaures Amylenoxyd gebildet, im zweiten Falle, den folgende Gleichung versinnlicht,

$$\overset{\prime\prime}{C_5}H_{10}Br_2 + \begin{matrix}K\\C_2H_3O\end{matrix}\Big\}O = C_5H_9Br + \begin{matrix}H\\C_2H_3O\end{matrix}\Big\}O + BrK$$

entsteht neben Bromkalium und Essigsäure das gebromte Amylen, dessen oben erwähnt wurde und welches von Cahours[1]) zuerst dargestellt wurde.

Man kann auch bei der Einwirkung des dem Bromamylen homologen Bromäthylens $\overset{\prime\prime}{C_2}H_4Br_2$ auf essigsaures Silberoxyd oder essigsaures Kali das Vorsichgehen dieser beiden Processe beobachten. Aber hier ist der zweitgenannte, nämlich der die Entstehung des gebromten Äthylens $\overset{\prime\prime}{C_2}H_3Br$ veranlassende Process, dem ersten, der die Bildung von essigsaurem Äthylenglycol zur Folge hat, sehr untergeordnet.

Beim Bromamylen hingegen kann man beide Processe sehr leicht neben einander beobachten. Bei der Einwirkung von essigsaurem Silberoxyd bildet sich allerdings sehr wenig gebromtes Amylen und scheint dessen Bildung durch eine heftige Einwirkung beider Körper auf einander begünstigt zu werden. Wendet man nach der, von Atkinson zur Darstellung des Äthylenglycols angegebene Methoden statt essigsaurem Silberoxyd das essigsaure Kali an, so überzeugt man sich bald, dass bei dieser Methode quantitativ so schlechte Resultate erhalten werden, dass ich bei der Darstellung des Amylglycols stets der Anwendung des Silbersalzes den Vorzug gegeben habe. Der Grund ist eben der, dass bei der Anwendung von Kalisalz neben Glycolacetat eine beträchtliche Menge von gebromtem Amylen entsteht, auf welches weder das essigsaure Kali noch das essigsaure Silberoxyd weiter einwirkt.

Die Verschiedenartigkeit des Processes, nicht aber die langsame Reaction, wie ich früher mitgetheilt [2]) hatte, sind der Grund, warum dem Silbersalz der Vorzug gegeben werden muss.

---

[1]) Comptes rendus XXXI. 294.

[2]) Bulletin de la société chimique de Paris in Wurtz's Répertoire de chimie pure. Avril 1860.

Darstellung und Eigenschaften des einfach und des dreifach gebromten Amylens.

Es entsteht das gebromte Amylen nach Cahours aus dem Bromamylen stets, wenn man auf dasselbe weingeistige Kalilösung einwirken lässt, nach der Gleichung:

$$C_5H_{10}Br_2 + \left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O = C_5H_9Br + H_2O + KBr.$$

Zu seiner Darstellung ist es am zweckmässigsten folgendes Verfahren einzuhalten. Das Bromamylen wird in einem entsprechenden Gefäss mit sehr concentrirter alkoholischer Kalilösung zusammengebracht und nöthigenfalls so viel absoluter Alkohol zugesetzt, bis sich beide Flüssigkeiten gut mischen. Man gibt unter beständigem Umschütteln so viel Kalilösung zu, bis die Flüssigkeit nach einigem minutenlangen Stehen stark alkalisch ist. Es bildet sich hierbei ein bedeutender Absatz von Bromkalium, dieser wird abfiltrirt, der Niederschlag mit möglichst wenig Alkohol ausgewaschen und die abgelaufene klare Flüssigkeit abdestillirt, wobei man nicht versäumen darf einige Platindräthe in dieselbe zu legen. Man destillirt bis fast zur Trockenheit.

Der Rückstand muss, mit Wasser behandelt, diesem eine stark alkalische Reaction ertheilen. Sollte dies nicht der Fall sein, so muss im alkoholischen Destillat Kali aufgelöst und dasselbe nochmals der Destillation unterworfen werden. Das Destillat wird hierauf mit viel Wasser gemischt, wodurch es sich trübt und das gebromte Amylen ausscheidet. Nach einigen Stunden ist dies vollständig beendigt, man trennt die untere Schichte mit einem Scheidetrichter von der oberen, welche Wasser ist, und unterwirft dieselbe der theilweisen fractionirten Destillation.

Sie beginnt bei 75 — 80° C. zu kochen, der Kochpunkt steigt aber beständig und hält sich am längsten zwischen 100 und 110° C. Man destillirt bis 130° C. ab. Bei dieser Temperatur geht aber schon eine Zerlegung vor sich, die Flüssigkeit bräunt sich, und erhitzt man noch weiter, so steigt das Thermometer unter Schwärzung des Rückstandes, Abscheidung von Kohle und Bildung von Bromwasserstoff bis auf 200° C.

Folgende sind die Resultate der Analyse des bei circa 100° überdestillirten Theiles:

0·74 Grm. Substanz geben 1·095 Grm. Kohlensäure und 0·4085 Grm. Wasser.

100 Theile enthalten demnach:

	gefunden	berechnet
Kohlenstoff	40·2	40·3
Wasserstoff	6·1	6·0
Brom	—	53·7

Das so erhaltene gebromte Amylen ist eine völlig wasserklare nicht unangenehm riechende leicht bewegliche Flüssigkeit, welche an der Luft braun wird. In seinem Verhalten gegen Brom zeigt es die grösste Ähnlichkeit mit dem Amylen selbst, und verbindet sich mit demselben zu einer dem Bromamylen entsprechenden Verbindung

$$C_5H_9{}^{Br}_{Br_2}.$$

Diese Verbindung bildet sich auch auf eine ganz ähnliche Weise wie das Bromamylen. Um sie darzustellen, muss man das gebromte Amylen in einen langhalsigen Ballon bringen, welcher mit einer Kältemischung umgeben ist und die für zwei Äquivalente erforderliche Menge Brom tropfenweise zugeben.

Jeder Tropfen Brom verbindet sich unter Zischen und grosser Temperaturerhöhung mit dem gebromten Amylen. In dem Masse als das Brom zugegeben wird, wird die Masse dick und erstarrt endlich zu einem festen rothbraunen Magma. Dieses wird nun herausgenommen, zu wiederholtenmalen zwischen Fliesspapier ausgepresst und aus der ätherischen Lösung umkrystallisirt.

Folgendes sind die Ergebnisse der Analyse dieser Substanz:

0·452 Grm. Substanz geben 0·320 Grm. Kohlensäure und 0·126 Grm. Wasser.

100 Theile enthalten demnach:

	gefunden	berechnet
Kohlenstoff	19·3	19·4
Wasserstoff	3·2	3·0
Brom	—	77·6

Das dreifach gebromte Amylen krystallisirt aus der alkoholischen oder ätherischen Lösung in weissen Nadeln und hat einen ganz an Kampher erinnernden Geruch und Geschmack. In Äther löst es sich sehr leicht, in Alkohol schwerer, in Wasser ist es unlöslich und wird durch dasselbe aus der alkoholischen Lösung in krystallinischem

Zustande gefällt. Die Krystalle sind elastisch, bei einem Versuche sie zu zerreiben bieten sie dieselben Schwierigkeiten dar, wie der Kampher. Es sublimirt beim Erhitzen in einer Röhre unter theilweiser Zersetzung und ohne vorher zu schmelzen, wie dies beim Kampher der Fall ist.

Mit alkoholischer Kalilösung erwärmt, wird die alkoholische Lösung des gebromten Bromamylens langsam unter Bildung von Bromkalium zerlegt.

Gegen Chlor zeigt das gebromte Amylen ein ähnliches Verhalten wie gegen Brom. Es verbindet sich mit demselben unter Temperaturerhöhung zu einer weissen krystallisirten Verbindung von der Zusammensetzung

$$C_5H_9{}^{Br}_{Cl_2}$$

Es war mir jedoch bisher nicht möglich, diesen Körper in reinem Zustande darzustellen. Erstens, da bei der Einwirkung von Chlorgas auf gebromtes Amylen noch andere Processe vor sich gehen, und zweitens, weil die hierbei entstandenen Producte sich bei der Destillation theilweise unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure zerlegen.

Einwirkung des Natriumamylalkoholates auf Bromamylen.

Ich habe gleich Eingangs auf die zweierlei Processe aufmerksam gemacht, denen das Bromamylen folgen kann. Es schien mir in dieser Beziehung von einigem Interesse zu sein, die Einwirkung des Bromamylens auf Natrium-Amylalkoholat kennen zu lernen. Es war zu erwarten, dass entweder nach folgender Gleichung

$$C_5H_{10}Br_2 + 2\left(\left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\Na\end{matrix}\right\}O\right) = \left.\begin{matrix}C_5H_{10}''\\C_5H_{11}\\C_5H_{11}\end{matrix}\right\}O_2 + 2BrNa$$

Amylamylenglycol erhalten werde, wobei also das zweibasige Radical Amylen als solches an die Stelle der zwei Äquivalente Natrium treten würde, oder dass nach folgender Gleichung:

$$C_5H_{10}Br_2 + \left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\Na\end{matrix}\right\}O = \left.\begin{matrix}C_5H_9\\Na\end{matrix}\right\}Br_2 + \left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\H\end{matrix}\right\}O$$

eine dem gebromten Bromamylen $C_5H_9Br\,Br_2$ analog zusammengesetzte Verbindung entstehen wird, in der das Natrium an die Stelle eines Äquivalentes Brom oder was dasselbe ist, eines Äquivalentes Wasserstoff im Amylen getreten ist.

Beide Vermuthungen haben sich nicht bestätigt.

10 Grm. Bromamylen wurden mit 10 Grm. von in kleine Stücke zerschnittenem Natriumalkoholat in einen Kolben gethan und dieser mit einem Kork geschlossen, in dessen Bohrung eine Glasspirale befestigt war, die mit Wasser umgeben wurde, so dass alle sich entwickelnden Dämpfe nach ihrer Condensation in der Spirale wieder in den Ballon zurückfliessen mussten. Der Kolben wurde hierauf schwach erwärmt, wobei eine heftige Reaction eintrat.

Nach Beendigung dieser Reaction wurde die erhaltene Flüssigkeit von dem abgeschiedenen Bromnatrium getrennt und der fractionirten Destillation unterworfen. Sie fing bei 75° C. zu kochen an, das Thermometer stieg dann bis gegen 120° C. und hielt sich einige Zeit bei dieser Temperatur, stieg dann auf 130, blieb zwischen 130 und 135° C. und erreichte unter Destillation eines angenehm riechenden Productes die Temperatur von 170 — 190° C. Der Rückstand reagirte sehr stark alkalisch.

Der zuerst übergegangene Theil wurde der Analyse unterworfen, welche, wie schon aus seinen übrigen Eigenschaften geschlossen werden konnte, bestätigte, dass er gebromtes Amylen C_5H_9Br war.

Der bei 130 — 135° übergegangene Theil wurde nochmals fractionirt, um ihn reiner darzustellen und dann ebenfalls analysirt. Dieser Körper erwies sich, wie zu erwarten war, als Amylalkohol.

Der grösste Theil war bei 112 — 125° übergegangen, er wurde zweimal fractionirt und dadurch ein bei 120 — 124° siedendes Product erhalten.

Aus der Analyse desselben wurde geschlossen, dass es ein Gemenge von gebromtem Amylen und Amylalkohol sei und zieht man die vorhandene Menge Brom in Betracht, so ergibt sich, dass die vorliegende Flüssigkeit ein Gemenge aus nahezu einem Äquivalent gebromten Amylen und zwei Äquivalenten Amylalkohol ist. Es ist diese Thatsache eine neue Stütze für den Satz, dass gewisse Körper, ohne sich zu verbinden, dennoch in bestimmten Verhältnissen bei einer bestimmten Temperatur mit einander destilliren können. Ein Umstand, auf den ich erst kürzlich aufmerksam gemacht habe [1], indem ich nachwies, dass ein Gemenge von einem Äquivalent Bromäthylen und einem Äquivalent Brompropylen bei der constanten Temperatur

[1]) Bull. de la soc. chim. de Paris. Oct. 1860.

von 134° C. siedet, welche Temperatur der Siedetemperatur der beiden Gemengtheile intermediär ist.

Der Process also, welcher bei der Einwirkung von Natriumamylalkohol auf Bromamylen vor sich geht, wird durch folgende Gleichung versinnlicht:

$$C_5H_{10}Br_2 + \left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\Na\end{matrix}\right\}O = C_5H_9Br + NaBr + \left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\H\end{matrix}\right\}O.$$

Die Verbindung $C_5H_9NaBr_2$ existirt entweder gar nicht oder zerlegt sich unter den bei diesem Processe obwaltenden Umständen in gebromtes Amylen und Bromnatrium.

Ähnlich dieser Reaction ist die Einwirkung des Natriums oder Kaliums auf Bromamylen.

Reaction des Natriums und Kaliums auf Bromamylen.

Es schien mir von besonderer Wichtigkeit diese Reaction zu studiren, da es wahrscheinlich war, dass hierbei keine glatte Ausscheidung des Amylens erfolgen werde. Es scheint mir beim Amylen die Tendenz zur Bildung des gebromten Amylens, mithin zur Ausscheidung eines Äquivalentes von Wasserstoff in erhöhterem Masse vorhanden zu sein als bei den homologen Kohlenwasserstoffen anderer Ordnung, wie beim Äthylen C_2H_4.

Thann und Wanklyn[1]) haben die Einwirkung des Natriums auf Jodäthylen studirt und gezeigt, dass hierbei nach der Gleichung

$$\overset{''}{C_2}H_4J_2 + Na_2 = JNa + \overset{''}{C_2}H_4$$

das Äthylen ausgeschieden und Jodnatrium gebildet, woraus sie den Schluss ziehen, dass das Äthylen mit demselben Rechte als das Radical des Glycols zu betrachten sei, wie man das Äthyl als das Radical des Weinalkohols betrachtet.

Da es durch die Untersuchung von Wurtz[2]) bereits unzweifelhaft festgestellt wurde, dass das Amylen so wie das Äthylen als die Radicale der entsprechenden Glycole betrachtet werden müssen, so schien es von höchster Wichtigkeit, durch Wiederholung des oben für Bromäthylen angegebenen Versuches, für die entsprechende Amylenverbindung zu entscheiden, ob auch hier die Reaction auf dieselbe Weise vor sich gehe.

---

[1]) Annalen der Chemie und Physik 36. 201.

[2]) Annales de Chimie et de Physique 3 S. T. LV.

Wenn, wie ich vermuthete, dies nicht der Fall ist, sondern nur eine theilweise Ausscheidung des Amylens erfolgt, während andererseits eine Ausscheidung eines Äquivalentes Wasserstoff und eine Bildung des gebromten Amylens eintreten würde, so konnte angenommen werden, dass das Amylen, wenn auch in den meisten Fällen als zweiatomiges Radical, zwei Atome Wasserstoff vertretend Reactionen eingeht, so doch in manchen Fällen in einer anderen Weise auftritt und Reactionen folgt, deren Charakter durch die Formel

$$\left.\begin{matrix} C_{10}H_9 \\ H \end{matrix}\right\} \text{ nach } \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\}$$

ausgedrückt wird.

Meine Vermuthung hat sich in der That bestätigt, ich überzeugte mich, dass bei der Einwirkung von Kalium sowohl, wie bei der Einwirkung des Zinkes auf Bromamylen zwei Processe vor sich gehen, die durch folgende beiden Gleichungen versinnlicht werden:

$$1. \quad C_5H_{10}Br_2 + Na_2 = C_5H_{10} + 2NaBr.$$

$$2. \quad C_5H_{10}Br_2 + Na_2 = C_5H_9Br + NaBr + H.$$

Ob durch eine weitere Einwirkung von Na oder Zn auf $C_5\ H_9\ Br$ der Kohlenwasserstoff C_5H_9 in Freiheit gesetzt wird, darüber kann ich bis jetzt noch keinen Aufschluss geben. Versuche, die ich bisher in dieser Richtung angestellt, haben mich zu keinem bestimmten Resultate geführt.

Es gelang mir bisher auch nicht in dem gebromten Amylen das Brom durch Anwendung von essigsaurem Silberoxyd, durch Sauerstoffe zu ersetzen, obwohl ich in meiner Abhandlung über das Amylenoxyd die Existenz einer Verbindung von der Formel

$$\left.\begin{matrix} C_5H_9 \\ C_2H_3O_2 \end{matrix}\right\} O$$

wahrscheinlich gemacht habe.

Es erübrigt nur noch mitzutheilen, auf welche Weise der Versuch angestellt wurde, um die Gegenwart des Wasserstoffes unter den bei der Einwirkung des Kaliums auf Bromamylen entstehenden Producten nachzuweisen.

Das Bromamylen wurde hiezu in ein Kölbchen gebracht, welches mit einem zweifach durchbohrten Kork verschlossen war, in die eine Bohrung ragte eine Glasröhre, welche dicht ober der im Kölbchen enthaltenen Flüssigkeit endete und mit einem reines Kohlen-

säuregas liefernden Apparate verbunden war. Die zweite Bohrung führte eine Glasröhre, welche zweischenklig war und mit dem längeren Schenkel in ein langes mit einer Frostmischung aus Eis und Kochsalz umgebenes Glasrohr tauchte, in welchem eine dem angewendeten Bromamylen entsprechende Menge von Brom enthalten war.

Ein doppelt durchlöcherter Kork verschloss auch dieses Rohr und enthielt in einer Öffnung die vom Kölbchen hergeleitete Röhre, während in der andern Öffnung eine in eine pneumatische Wasserwanne laufende Gasentbindungsröhre enthalten war.

Man gab das zur Zerlegung erforderliche Kalium zum Bromamylen (bei gewöhnlicher Temperatur wirken beide Körper nur sehr schwach auf einander ein) und füllte den ganzen Apparat mit Kohlensäure. Als dies geschehen war, wurde der Kohlensäurestrom unterbrochen und das Kölbchen schwach erwärmt. Alsbald trat eine Reaction ein, und nach einigen Secunden, nachdem einige Gasblasen entwickelt waren, wurde ein mit Wasser gefüllter Cylinder ober die Mündung des Gasentbindungsrohres gebracht. Die Reaction wurde unter steter Gasentwickelung sehr heftig und es musste das das Bromamylen enthaltende Kölbchen öfters abgekühlt werden. Thut man dies nicht, so tritt eine so heftige Einwirkung ein, dass Explosionen erfolgen und eine gänzliche Zerlegung der Amylenverbindungen unter Abscheidung von Kohle und Bromwasserstoff erfolgt.

Die sich entwickelnden Gase streichen auf das Brom, wo das Amylen als Bromamylen zurückblieb, im Glascylinder sammelte sich eine gewisse Menge Gas, welches einige Zeit über Brom stehen gelassen und dann mit Kalilauge gewaschen wurde. Es wurde dann in einen mit Quecksilber gefüllten Recipienten gebracht und erwies sich beim Verbrennen mit Sauerstoff als Wasserstoffgas.

Die Entwickelung von Wasserstoffgas ist auch der Grund, warum die Röhren immer explodiren, wenn man versucht, dieses Experiment in einer zugeschmolzenen Glasröhre auszuführen.

Ohne aus den hier angeführten Versuchen mit Sicherheit schliessen zu können, dass man dem Amylen die Formel $\left.\begin{matrix}\overset{-}{C_5H_9}\\ H\end{matrix}\right\}$ [1])

[1]) Weltzien (Syst. Zusammenstellung der organischen Verbindungen. Vieweg, 1860, S. 219), Knop (Handbuch der chem. Meth. Leipzig. C. Voss 1855, S. 172) u. A. haben sich schon vermuthungsweise für diese Formel ausgesprochen.

neben der Formel C_5H_{10} geben könne, so muss man doch, gezwungen durch die Reactionen, die das Bromamylen einzugehen im Stande ist, demselben neben seiner bisherigen Formel

$$\left.\begin{array}{r} \ddot{C_5}H_{10} \\ Br_2 \end{array}\right\}$$

noch eine andere geben, und zwar entspricht die folgende den angeführten Thatsachen

$$\left.\begin{array}{r} \ddot{C_5}H_9Br \\ H \\ Br \end{array}\right\} \text{nach Typus} \left.\begin{array}{r} H_2 \\ H_2 \end{array}\right\}.$$

Das gebromte Amylen C_5H_9Br figurirt hier als zweiatomiges Radical neben zwei Atomen Wasserstoff, wovon einer durch Brom ersetzt ist.

Sind beide Atome Wasserstoff des Typus durch Brom ersetzt, so entsteht das oben erwähnte gebromte Bromamylen

$$\left.\begin{array}{r} C_5H_9Br \\ Br_2 \end{array}\right\}.$$

Das Amylbromür oder ein damit isomerer Körper entspricht dieser Formel, wenn beide Wasserstoffäquivalente unvertreten sind

$$\left.\begin{array}{r} C_5H_2Br \\ H_2 \end{array}\right\}.$$

Das Amylhydrür, dessen Bildung neben dem Amylen ich kürzlich nachgewiesen habe, kann auch als eine dem Bromamylen entsprechend zusammengesetzte Verbindung angesehen werden.

Die zwei Äquivalente Brom des Bromamylens sind in derselben durch Wasserstoff vertreten und es entspricht der Formel

$$\left.\begin{array}{r} C_5H_9H \\ H_2 \end{array}\right\}.$$

Die Entstehung des dreifach gechlorten Amylens $C_5H_7Cl_3$ aus dem dreifach gechlorten Chloramyl $C_5H_8Cl_4$ durch Einwirkung einer weingeistigen Kalilösung auf letzteres scheint mir für diese Annahme zu sprechen.

Alle hier mitgetheilten Versuche wurden im Laboratorium des Herrn Professors Schrötter ausgeführt.

IX. SITZUNG VOM 21. MÄRZ 1861.

Der Präsident, Freiherr von Baumgartner, eröffnet die Sitzung mit der Lesung folgender an ihn gerichteten Zuschrift Sr. kais. Hoheit des durchlauchtigsten Herrn Erzherzogs Rainer, Curators der kaiserlichen Akademie:

„Eure Excellenz!

Durch das allerhöchste Handschreiben von 10. d. M. zum Curator der kais. Akademie der Wissenschaften ernannt, drängt es Mich vor Allem Ihnen als dem verehrlichen Vorstande dieser gelehrten Körperschaft Meine Freude darüber auszudrücken, dass Ich nunmehr in die Lage komme, mit einem Kreise so hervorragender Männer in nähere Berührung zu treten.

So sehr Ich stets den hohen Werth der Wissenschaft gewürdiget habe, so sehr muss Ich ihre Bedeutung unter den jetzigen Verhältnissen als gesteigert erkennen, und denjenigen freudig die Hand bieten, welche als ihre Träger berufen sind, an ihrer Fortentwickelung zu arbeiten.

Indem Ich Eure Excellenz bitte den verehrten Herren Akademikern gegenüber der Dolmetsch dieser Meiner Gesinnungen zu sein, ergreife Ich diese Gelegenheit zur Versicherung der besonderen Hochachtung, womit Ich verbleibe

Eurer Excellenz

wohlgeneigter

E. H. Rainer m. p.“

Wien, am 15. März 1861.

Der Secretär legt folgende, von dem c. M., Herrn Prof. Hlasiwetz, eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Über das Phloroglucin.“
2. „Über die Guajakharzsäure und das Pyroguajacin.“
3. „Über eine neue Säure aus dem Milchzucker.“

Vorstehende Abhandlungen haben Herrn Prof. Hlasiwetz selbst zum Verfasser.

4. „Über die Acetyl-Quercetinsäure“ von Herrn L. Pfaundler.

5. „Über die Einwirkung des Chlors auf den Amylalkohol“ von Herrn Dr. L. Barth.

6. „Über das Galbanum“ von Herrn P. Mössmer.

Herr Unferdinger, Privatlehrer in Wien, übermittelt eine Abhandlung: „Über die einhüllende Curve, welche eine constante Länge zwischen zwei sich schneidenden Geraden beschreibt“.

Herr Prof. Ritter v. Zepharovich überreicht eine Abhandlung: „Über die Krystallformen des zweifach ameisensauren Kupferoxydes und des ameisensauren Kupferoxyd-Strontian“.

Prof. Schrötter spricht über Kirchhoff's und Bunsen's Verfahren der Spectralanalyse und zeigt den hiezu dienenden, aus der optisch-astronomischen Werkstätte von Steinheil in München hervorgegangenen Apparat, sowie auch die Versuche mit demselben.

Herr J. C. F. Otto, königl. preussischer Oberst, übersendet zwei von ihm veröffentlichte Druckwerke:

a) „Neue ballistische Tafeln“ in 2 Abtheilungen.

b) „Hilfsmittel für ballistische Rechnungen.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Astronomische Nachrichten, Nr. 1300. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, XI. Heft. Wien, 1861; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 9. Wien, 1861; Kl. 4°.

Otto, J. C. F., Neue ballistische Tafeln, I. u. II. Abtheilung. Berlin, 1858; 4°. — Hilfsmittel für ballistische Rechnungen, I. — IV. Lieferung. Berlin, 1855—1859; 8°.

Ramsing, H. M., Mémoire pour servir de correction et de supplément à la théorie mathématique du mouvement des fluides. Copenhague, 1861; 8°.

Verein, physikalischer zu Frankfurt a. M., Jahresbericht für das Rechnungsjahr 1859 — 1860. Frankfurt a. M.; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1861; 4°.

Wolf, Rudolf, Mittheilungen über die Sonnenflecken. XI. und XII. Zürich, 1860 und 1861; 8°.

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins, XIII. Jahrgang, I. Heft. Wien, 1861; 4°.

Über das Phloroglucin.

Von **H. Hlasiwetz.**

In meinem ersten Bericht über das Phloroglucin, das ich als Zersetzungsproduct des Phloretins, und später des Quercetins gefunden hatte, konnte ich nur die empyrische Formel des Körpers $C_6H_6O_3 + {}_2H_2O$ geben, und seine Eigenschaften im Allgemeinen beschreiben.

Ich habe jetzt, so weit es das Material zuliess, die Untersuchung in Gemeinschaft mit Herrn L. Pfaundler fortgesetzt; und die Ergebnisse derselben, wenn sie auch das Studium des Körpers noch nicht erschöpfen, liefern doch schon mehr Anhaltspunkte für seine Beurtheilung und geben von einigen seiner Eigenthümlichkeiten Rechenschaft. — — Es lässt sich, wie früher gezeigt wurde, der Wasserstoff des Phloroglucins leicht zum Theil durch Brom ersetzen. Eine ähnliche Substitution ist mit zusammengesetzten Radicalen möglich.

Nitrophloroglucin.

Die Einwirkung der Salpetersäure auf das Phloroglucin ist sehr stürmisch, und erfolgt schon in der Kälte. Die Temperatur steigert sich von selbst so, dass eine äussere Abkühlung nöthig wird. Die Flüssigkeit färbt sich blutroth, und unter starker Gasentwickelung, während welcher sie wieder lichter wird, geht die Reaction leicht in einen Oxydationsvorgang über, dessen Endproduct Oxalsäure ist.

Man muss, will man eine Substitution erzielen, äusserst vorsichtig operiren: in die, etwas verdünnte, ganz mässig erwärmte, und auf gleicher Temperatur erhaltene Flüssigkeit die Substanz nur allmählich und in kleinen Mengen eintragen. Die dunkelrothe Lösung liefert zunächst dunkle, warzig gruppirte Krystalle, die in kaltem Wasser schwer löslich sind, es aber doch gelb färben.

Nach dem Umkrystallisiren aus heissem Wasser erscheint der Körper in rothgelben, glänzenden Schuppen oder Blättchen von schwach bitterem Geschmack.

Die Analyse führt zur Formel $\Theta_6(N\Theta_2 \cdot H_5)\Theta_3$

0·240 Grm. Substanz gaben 0·370 Grm. Kohlensäure und 0·070 Grm. Wasser.
0·228 „ „ „ 16·8 C. C. Stickstoff bei 710·6 Millim. B. und 7° C.

		Berechnet	Gefunden
Θ_6	72	42·10	42·04
H_5	5	2·92	3·24
N	14	8·18	8·36
Θ_5	80	46·80	—
	171	100·00	

Acetylphloroglucin.

Acetylchlorid wirkt auf Phloroglucin schon bei gewöhnlicher Temperatur ein. In der Wärme, in einem Apparat, der ein Verdichten und Zurückfliessen des verdampfenden Chlorids gestattet, ist sie unter starker Salzsäureentwickelung bald beendigt.

Nach dem Verjagen des überschüssigen Chlorids wurde die hinterbleibende, weisse, in Wasser unlösliche Krystallmasse aus Alkohol umkrystallisirt.

Kleine farblose Prismen, die in der Hitze Essigsäure entwickeln.

I. 0·220 Grm. Substanz gaben 0·459 Grm. Kohlensäure und 0·100 Wasser.
II. 0·206 „ „ „ 0·428 „ „ „ 0·091 „

In 100 Theilen:

	I.	II.
C	56·90	56·66
H	5·05	4·90

Die Acetylsubstitute des Phloroglucins:

$$\Theta_6(\Theta_2H_3\Theta . H_5)\Theta_3 = \Theta_8H_8\Theta_4$$
$$\Theta_6(2\Theta_2H_3\Theta . H_4)\Theta_3 = \Theta_{10}H_{10}\Theta_5$$
$$\Theta_6(3\Theta_2H_3\Theta . H_3)\Theta_3 = \Theta_{12}H_{12}\Theta_6$$

sind unter einander polymer, und die Analyse lässt es daher unbestimmt, wie viel Äquivalente Acetyl statt des Wasserstoffs eingetreten sind. Die Rechnung verlangt für diese Formel:

C — 57·14
H — 4·76

Benzoylphloroglucin.

Das Product der Reaction zwischen Benzoylchlorid und Phloroglucin ist fest, krystallinisch, und wird durch Auskochen mit Alkohol, worin es fast unlöslich ist, gereinigt.

Weisse, kleine, glänzende Schüppchen.

Es entspricht der Formel $C_6(_3C_7H_5O \cdot H_3)O_3$

0·252 Grm. Substanz gaben 0·680 Grm. Kohlensäure und 0·107 Grm. Wasser.

		Berechnet		Gefunden
C_{27}	—	324 —	73·97 —	73·59
H_{18}	—	18 —	4·11 —	4·31
O_6	—	96 —	22·92 —	—
		438 —	100·00	

Verbindungen des Phloroglucins mit Alkalien

entstehen, wenn man alkoholische Lösungen der Ätzalkalien mit alkoholischen, concentrirten Lösungen von Phloroglucin vermischt. Die Flüssigkeit trübt sich, und es scheiden sich alsbald die Verbindungen als ölige Massen am Boden des Gefässes aus, die beim langen Stehen krystallinisch werden, die aber, ihrer Zerfliesslichkeit wegen schwierig in einem, für die Analyse brauchbaren Zustande zu erhalten sind.

Amid des Phloroglucins. (Phloramin.)

Übergiesst man Phloroglucin mit Ammoniak, so nimmt die Flüssigkeit eine röthliche Farbe an.

Bei gelindem Erwärmen löst es sich dann mit schwach bräunlicher Färbung. Überlässt man eine solche, nicht zu verdünnte Lösung — (auf 10 Grm. Phloroglucin etwa 50 CC Ammoniak) — in einer offenen Schale sich selbst, so krystallisirt nach einigen Stunden aus der dunkelbraun gewordenen Lauge ein Körper in feinen, glänzenden Krystallen, die abgepresst und aus warmem Wasser umkrystallisirt, äusserst zarte, dünne, glimmerartig glänzende Blättchen darstellen, die sich vom Filter als eine silberglänzende Haut ablösen.

Die wässerige Lösung ist empfindlich für den Luftzutritt, und färbt sich leicht braun. Der Körper muss, soll er sich nicht färben, schnell unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet werden.

Im trockenen Zustande hält er sich ganz unverändert. Das Phloramin löst sich wenig in kaltem Wasser, leicht in Alkohol, und ist unlöslich in Äther.

Sein Geschmack ist schwach adstringirend. Eisenchlorid gibt keine Farbenreaction, Bleizucker und Silbersalpeter keine Niederschläge. Beim Erwärmen mit Silberlösung wird Silber reducirt.

Alkalien färben es dunkel und zersetzen es allmählich;

Säuren dagegen liefern damit meistens gut krystallisirte Verbindungen.

Beim Trocknen im Wasserbade nimmt es eine citronengelbe Farbe an; es verliert dabei fortwährend an Gewicht, wird weiterhin schmutzig bräunlich gelb, und löst sich dann nicht mehr in Wasser.

Die Analysen der über Schwefelsäure getrockneten Substanz führen zur Formel $C_6H_7NO_2$, die sich durch die Zusammensetzung der Salze bestätigt.

I. 0·2902 Grm. Subst. gaben 0·612 Grm. Kohlens. und 0·147 Grm. Wasser.
II. 0·2542 „ „ „ 0·5337 „ „ „ 0·135 „ „
III. 0·301 „ „ „ 31·5 C. C. Stickst. bei 715 Millim. B. und 17° C.

		Berechnet	I.	II.	III.
C_6	72	57·60	57·51	57·26	—
H_7	7	5·60	5·66	5·90	—
N	14	11·20	—	—	11·37
O_2	32	25·60	—	—	—
	125	100·00			

Trockenes Ammoniakgas verwandelt das Phloroglucin ebenfalls in Phloramin. Befindet sich das letztere in einer Kugelröhre, während das Gas darüberstreicht, so wird dieses anfangs reichlich absorbirt. Weiterhin beginnt die Substanz sich schwach röthlich bis bräunlich zu färben, dann erweicht sie, schmilzt, es beschlägt sich die Röhre mit Wasser, und führt man den Versuch, indem man die Röhre im Wasserbade erwärmt, bis zum Aufhören der Wasserbildung fort, so erhält man eine krystallinische, ziemlich gefärbte Masse, die beim Auflösen in Wasser bald Krystalle des Amids liefert.

Die Farbenveränderung, die das Phloramin in der Hitze erleidet, ist die Folge einer Zersetzung unter Wasseraustritt. Der Gewichtsverlust ist stetig, er erreicht nach 6stündigem Trocknen gegen 6 Procent.

Man fand in mehreren Proben nach 3 — 4 — 6 stündigem Trocknen:

C	59·82	60·73	61·38
H	5·82	5·77	5·70
N	—	—	11·9

Die Formeln $\Theta_{12}H_{13}N_2\Theta_{3 5}$ und $\Theta_{12}H_{12}N_2\Theta_3 = 2\ (\Theta_6H_7N\Theta_2) - \frac{1}{2}\ H_2\Theta$ und $2\ (\Theta_6H_7N\Theta_2) - H_2\Theta$ verlangen:

C	59·75	61·63
H	5·39	5·17
N	11·61	12·06

Salzsaures Phloramin.

Das Phloramin wird beim Übergiessen mit concentrirter Salzsäure zu einem sandigen Krystallpulver; es löst sich dann beim Erwärmen mit dunkelgelber Farbe auf. Sogleich nach dem Auskühlen schiesst die Verbindung in gelben, drusig vereinigten, glänzenden Blättchen an. Krystallisirt man diese aus Wasser um, so erscheinen, etwas langsamer als aus der Lösung in Salzsäure, weisse nadel- oder blätterförmige, strahlig vereinigte Kryställchen. Diese enthalten Wasser, welches sie bei 100°, ohne sich zu zersetzen, entlassen, während sie gelblich werden. Wahrscheinlich ist somit die aus concentrirter Salzsäure krystallisirte Substanz wasserfrei.

I. 0·244 Grm. lufttrockene Substanz verloren 0·025 Grm. Wasser.
II. 0·208 „ „ „ „ 0·021 „ „
III. 0·218 „ trockene Substanz gaben 0·1907 Grm. Chlorsilber.
IV. 0·3119 „ „ „ „ 0·5122 Kohlens. u. 0·150 Grm. Wasser.

		Berechnet	I.	II.
$\Theta_6H_7N\Theta_2HCl$	161·5	—	—	—
$H_2\Theta$	18	10·02	10·24	10·09
	179·5			

		Berechnet	III.
$\Theta_6H_7N\Theta_2$	125	—	—
HCl	36·5	22·60	22·25
	161·5		

		Berechnet	IV.
Θ_6	72	44·72	44·78
H_8	8	4·95	4·98
N	14	„	„
Θ_2	32	„	„
Cl	35·5	„	„
	161·5		

Salpetersaures Phloramin.

Schwach erwärmte, mässig concentrirte Salpetersäure löst zerriebenes Phloramin schnell, und bald darauf krystallisirt das Salz in glänzenden, fast bronzefarbigen Blättchen und Nadeln. Bleibt das abgepresste, noch feuchte Salz sich selbst überlassen, so zersetzt es sich, wie es scheint, unter Bildung einer Nitroverbindung. Es wird immer dunkler und gibt dann eine gelbrothe Lösung, aus welcher dunkelbraune Krystalle anschiessen, wie man sie auch bei Anwendung von rauchender Salpetersäure erhält, die ziemlich heftig einwirkt. Sie sind löslicher, als das salpetersaure Salz.

Dieses gab nach dem Trocknen bei 100° folgende Zahlen:

0·285 Grm. Substanz gaben 0·3995 Grm. Kohlensäure und 0·1199 Grm. Wasser.
0·3038 „ „ „ 40 C. C. Stickstoff bei 714 Millim. B. und 13° C.

$Є_6H_7NΘ_2 . NHΘ_3$ verlangt:

		Berechnet	Gefunden
$Є_6$	72	38·29	38·23
H_8	8	4·25	4·67
N_2	28	14·89	14·59
$Θ_5$	80	42·57	„
	188	100·00	

Schwefelsaures Phloramin.

Die Lösung des Phloramins in warmer, verdünnter Schwefelsäure liefert beim freiwilligen Verdunsten das Salz in spröden, oft ziemlich langen, gelblichen Nadeln. Sie lösen sich (wie alle untersuchten Salze des Phloramins) auch in Alkohol und werden beim Trocknen im Wasserbade lebhafter gelb.

Dabei verlieren sie Krystallwasser.

I. 0·3378 Grm. lufttrockene Substanz gaben bei 100° 0·0317 Grm. Wasser.
II. 0·6164 „ trockene Substanz gaben 0·4102 Grm. schwefelsauren Baryt.

		Berechnet	Gefunden
$2(Є_6H_7NΘ_2) . SH_2Θ_4$	348	„	„
$2 H_2Θ$	36	9·37	9·38
	384		

		Berechnet	Gefunden
$2(Є_6H_7NΘ_2) H_2Θ$	268	„	„
$SΘ_3$	80	23·00	22·86
	348		

Essigsaures Phloramin krystallisirt nicht. Die Lösung des Phloramins in concentrirter Essigsäure trocknet zu einem gelben Firniss ein; behandelt man diesen mit Wasser, so hinterbleibt ein lebhaft gelbes Pulver, welches, mit der Flüssigkeit erhitzt, nur zum kleinen Theile sich löst, während der Rest harzartig schmilzt.

Oxalsaures Phloramin ist ein krystallinisches Salz.

Sulfophloraminsäure.

Das Phloramin zeigt gegen concentrirte Schwefelsäure ein charakteristisches Verhalten, welches zu einer empfindlichen Reaction für dasselbe benützt werden kann, eine Reaction, die auch für einen andern, wahrscheinlich ähnlich constituirten Körper für charakteristisch gehalten wird, für das Tyrosin nämlich.

Verfährt man genau nach dem modificirten Verfahren, welches zuletzt Staedeler [1]) für die Piria'sche Tyrosinreaction empfohlen hat: erwärmt man mit concentrirter Schwefelsäure, sättigt mit kohlensaurem Baryt, kocht auf, und filtrirt, so gibt das Filtrat mit Eisenchloridlösung eine, noch bei grösster Verdünnung eintretende schöne, intensiv violete Färbung.

Sie rührt von einer Sulfosäure her, die ihrestheils ebenfalls nach der Methode Staedeler's für die Darstellung der Tyrosinschwefelsäure in Krystallen erhalten werden kann.

Man digerirt auf dem Wasserbade etwa eine Stunde lang Phloramin mit Schwefelsäurehydrat, verdünnt, sättigt mit kohlensaurem Baryt, filtrirt, zersetzt die heisse Lösung des Barytsalzes mit Schwefelsäure, entfärbt mit Kohle, und lässt verdunsten. Es bilden sich zarte, farblose, concentrisch gruppirte Nädelchen, deren Lösung noch bei Spuren die erwähnte Farbenreaction zeigt.

Leider reichte das Material nicht hin, den Körper quantitativ zu untersuchen; allein es ist kaum zu zweifeln, dass seine Zusammensetzung eine der Tyrosinschwefelsäure entsprechende sein wird.

(Die andere für das Tyrosin charakteristische Reaction mit salpetersaurem Quecksilberoxyd gibt das Phloramin nicht.) [2])

---

[1]) Annalen, CXVI, S. 66.

[2]) Staedeler bezweifelt die Identität eines, von Wittstein in der Ratanhiawurzel gefundenen, und für Tyrosin gehaltenen Körpers. Es wäre möglich, dass, da das Phloroglucin in der Form von Phloridzin einen Bestandtheil mancher Wurzeln ausmacht, auch dessen Amid sich schon fertig gebildet vorfände.

Bleibt eine ammoniakalische Lösung des Phloroglucins unter öfterem Erneuern des Ammoniaks lange der Luft ausgesetzt, so verschwindet endlich das zuerst gebildete Phloramin; die Flüssigkeit, zuletzt ganz schwarzbraun, trocknet zu einer schwarzen, spröden, glänzenden Masse ein.

Sie löst sich in Ammoniak, und fällt daraus durch Säuren als schwarzbrauner Niederschlag, der nach dem Auswaschen beim Trocknen wieder zu glänzenden schwarzen Stücken wird.

Nochmals zerrieben und mit warmem Wasser behandelt, hinterbleibt er getrocknet von dem Aussehen zerriebener Glanzkohle.

Dieser stickstoffhaltige Körper wurde nach mehreren Bereitungen nicht ganz constant zusammengesetzt gefunden, und da jedes Kennzeichen einer völligen Reinheit fehlt, so sind die Resultate der Analysen nicht leicht mit einiger Sicherheit zu verwerthen.

(Man erhielt übrigens im Mittel C59·6, H4·4, N4·2. Eine, nach der Gleichung

$$3\, C_6H_6\Theta_3 + NH_3 + \Theta = C_{18}H_{15}N\Theta_7 + H_6\Theta_3$$

entstandene Verbindung würde verlangen C60·5; H4·2; N39.) —

Die Existenz und Zusammensetzung des Phloramins scheint mir ein Beweis für meine schon früher für das Phloroglucin vermuthete nähere Formel zu liefern.

Ich glaube jetzt um so berechtigter annehmen zu können, sein Radical sei einatomig $= C_6H_5\Theta_2$, es selbst $= \left.\begin{matrix} C_6H_5\Theta_2 \\ H \end{matrix}\right\} \Theta$

Das beschriebene Amid $= \left.\begin{matrix} C_6H_5\Theta_2 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N$

dessen salzsaure Verbindung $= \left.\begin{matrix} (C_6H_5\Theta_2)H_3N \\ Cl \end{matrix}\right\}$

Das salpetersaure Salz $= \left.\begin{matrix} (C_6H_5\Theta_2)H_3N \\ N\Theta_2 \end{matrix}\right\} \Theta$

Das schwefelsaure Salz $= \left.\begin{matrix} 2\,[(C_6H_5\Theta_2)H_3.N] \\ S\Theta_2 \end{matrix}\right\} \Theta_2$

Daran reihen sich an untersuchten Verbindungen die Substitutionsproducte mit den Radicalen der Salpetersäure, Essigsäure und Benzoësäure, und dem Brom.

Die Bildung des Amids ist natürlich:

$$Є_6H_6Θ_3 + NH_3 = Є_6H_7NΘ_2 + H_2Θ.$$

Das Radical $Є_6H_5Θ_2$ nimmt Hesse in dem

$$\text{Chinonamid} = \left.\begin{matrix} Є_6H_5Θ_2 \\ Є_6H_5Θ_2 \\ Є_6H_5Θ_2 \end{matrix}\right\} N, \text{ in der}$$

$$\text{Chinasäure} = \left.\begin{matrix} H \\ ЄΘ \\ Є_6H_5Θ_2 \\ H_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} Θ_3 \text{ und in der}$$

$$\text{Carbohydrochinonsäure} = \left.\begin{matrix} Є_6H_5Θ_2 \\ ЄΘ \\ H \end{matrix}\right\} Θ \text{ an}$$ [1]).

Es liesse sich auch eine Beziehung zu dem Brenzkatechin vermuthen, das zum Phloroglucin vielleicht sich verhält, wie ein Aldehyd zur Säure:

$$\underbrace{Є_6H_6Θ_2}_{\text{Brenzkatechin.}} \quad ; \quad \underbrace{Є_6H_6Θ_3}_{\text{Phloroglucin.}}$$

Das Chinon ferner, $Є_6H_4Θ_2$ differirt um die Elemente des Wassers von dem Phloroglucin. Ein Überführen in dieses durch wasserfreie Phosphorsäure gelang jedoch nicht. Beim Erhitzen der beiden Substanzen in einer Retorte bis zu 220° entwickelte sich ein stechender Geruch, allein es sublimirte kein Chinon. Die Masse quoll auf und wurde lichtbraun. Mit Wasser ausgelaugt, hinterblieb ein amorpher, häutiger, schwierig löslicher Rückstand.

Trägt man die Phosphorsäure in eine Lösung des Phloroglucins in absolutem Äther ein, so zerfliesst sie darin, und nimmt eine Purpurfarbe an. Mit Wasser versetzt, löst sich Alles zu einer kirschrothen Flüssigkeit, die mit Alkalien purpurroth wird. Auch hier fand sich nach vorsichtigem Verdunsten des Äthers und nachherigem Destilliren im Destillat kein Chinon.

(Die mit dem Phloroglucin isomere Pyrogallussäure gibt ebensowenig Chinon.)

---

[1]) Annalen. CXIV, Seite 336, CXVII, 327. Die Carbohydrochinonsäure wäre gegenüber dem Phloroglucin, was die Orsellinsäure gegenüber dem Orcin ist, Phloroglucinkohlensäure.

Endlich konnte auch durch Oxydationsmittel kein Körper aus der Chinonreihe sicher nachgewiesen werden.

Salpetersäure liefert als festes Product fast nur Oxalsäure. Braunstein und Schwefelsäure, sowie Chromsäure oxydiren Phloroglucin unter starker Kohlensäureentwickelung. Flüchtige, condensirbare Producte wurden nicht gebildet. Dagegen öfters braune, moderartige Pulver, die für die Analyse wenig geeignet erschienen.

Mit einer kleinen Partie Phloramin wurde noch versucht, ob es sich bei der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salzsäure ähnlich verhält, wie Tyrosin, welches hierbei gechlortes Aceton und gechlortes Chinon liefert.

Anfangs verwandelt sich hierbei das Phloramin in eine dunkelbraune Harzmasse, die allmählich, sowie die Flüssigkeit selbst, lichter wird.

Destillirt man, nachdem die Masse sich weiter nicht verändert, so erhält man im Destillat eine kleine Menge eines öligen Körpers, der dem heftigen Geruch nach wohl gechlortes Acetin sein könnte; der harzige Rückstand aber, der sich leicht im Weingeist löst, gab keine Krystalle von Chloranil.

Die Bildungsweise des Phloramins (und wohl auch die des schwarzen, durch die Einwirkung von Ammoniak und Luft aus dem Phloroglucin entstehenden Körpers) spielt offenbar eine Rolle bei der Entstehung des Phloridzeïns aus dem Phloridzin.

Zu der gewöhnlich angenommenen Gleichung:

$$\underbrace{\Theta_{21}H_{24}\Theta_{10}}_{\text{Phloridzin}} + N_2H_6 + \Theta_3 = \underbrace{\Theta_{21}H_{30}N_2\Theta_{13}}_{\text{Phloridzeïn}}$$

hat schon Weltzien [1]) bemerkt, dass hierbei Wasser austreten müsste; er nimmt dieses Wasser als Krystallwasser, und schreibt die Formel:

$$N_2\left\{\begin{matrix} C_{18}H_8O_2 \\ C_{12}H_{11}O_{10}H \\ C_{12}H_5O_4H \end{matrix}\right\}O_6 + 4aq.$$

Es ist übrigens fraglich, ob das Phloridzeïn das Radical des Traubenzuckers noch enthält, denn lässt man Phloridzin in einer mit Ammoniakdämpfen und Luft gefüllten Glocke zerfliessen, verdunstet

---

[1]) Systematische Zusammenstellung etc. S. 493.

die rothbraun gewordene, beim Erhitzen eine schöne Purpurfarbe annehmende Flüssigkeit gelinde, löst wieder, und fällt die Lösung mit Bleizucker aus, so zeigt die, von dem violetten Niederschlag abfliessende, fast farblose Flüssigkeit nach dem Entfernen des Bleioxydes mit Schwefelwasserstoff die Zuckerreaction sehr empfindlich, und trocknet zu einer hygroskopischen, fade schmeckenden Masse ein, die mit Zuckergeruch verbrennt.

Das Phloridzeïn ist vielleicht nur ein Oxydationsproduct der gepaarten Amide der Phloretinsäure und des Phloroglucins.

Wenn das Phloretin, wie es jetzt bewiesen scheint,

$$\left.\begin{matrix} \Theta_9 \ddot{H}_8 \Theta \\ \Theta_6 H_5 \Theta_2 \,.\, H \end{matrix}\right\} \Theta_2$$

ist, so lässt sich noch fragen, ob diese Verbindung auch künstlich darstellbar sei. Der Versuch hat ergeben, dass sich Phloroglucin und Phloretinsäure in der That, wenn auch nach anderen Verhältnissen vereinigen lassen, was in diesem Falle von der Art des Verfahrens abhängen kann.

Erhitzt man gleiche Äquivalente der Säure und trockenes Phloroglucin in einer Röhre im Luftbade, so schmelzen sie bei etwa 130° zusammen. Man bemerkt, während die Temperatur steigt, fortwährend eine Ausscheidung von Wasser, das die kälteren Theile der Röhre beschlägt.

Während eines etwa sechsstündigen Erhitzens und einem Thermometerstande von 170—180° schied sich aus den schmelzenden Substanzen eine krümmliche Masse aus, und zuletzt wurde das Ganze bei dieser Temperatur fest.

Es wurde dann der braun gewordene Röhreninhalt mit Wasser behandelt.

Er löste sich — (während Phloretinsäure sowie Phloroglucin für sich in heissem Wasser leicht löslich sind) — sehr allmählich beim Kochen, und aus der filtrirten, noch heissen Flüssigkeit fiel sogleich ein Körper in kleinen, flimmernden Krystallschuppen, die mit warmem Wasser gewaschen und aus siedendem umkrystallisirt wurden, nachdem die etwas gefärbte Lösung zuvor mit Kohle entfärbt worden war.

So gereinigt erhält man die Verbindung in fast farblosen, kleinen Kryställchen, die unter dem Mikroskope als Blättchen von schwer bestimmbarer Form erscheinen.

Der Geschmack ist anfangs herb, später süsslich.

Die wässerige Lösung reagirt neutral; von Eisenchlorid wird sie violet gefärbt. — Die Mutterlaugen, aus denen der Körper auskrystallisirt war, liefern beim Verdunsten gemischte Krystalle von unverbundener Phloretinsäure und Phloroglucin.

Die Verbindung kann bis auf 150° ohne Veränderung erhitzt werden.

I.	0·2482	Grm.	Subst.	gaben	0·5468	Grm.	Kohlens.	und	0·1131	Grm.	Wasser.
II.	0·288	„	„	„	0·634	„	„	„	0·123	„	„
III.	0·2325	„	„	„	0·511	„	„	„	0·0996	„	„

In 100 Theilen:

C = 60·08 — 60·03 — 60·08
H = 5·06 — 4·74 — 5·17

Diese Zahlen entsprechen einer Verbindung, welche nach der Gleichung:

$$\underbrace{4\,C_6H_6O_3}_{\text{Phloroglucin}} + \underbrace{C_9H_{10}O_3}_{\text{Phloretinsäure}} - H_2O = C_{33}H_{32}O_{14}$$

entstanden sein kann, und demnach

$$\left.\begin{matrix} C_9H_8O \\ _4C_6H_5O_2 \\ H_4 \end{matrix}\right\} O_5$$

wäre. Diese verlangt

C — 60·73
H — 4·91

Über die Guajakharzsäure und das Pyroguajacin.

Von **H. Hlasiwetz.**

Der 111. Band der Annalen der Chemie und Pharmacie enthält (S. 183) eine vorläufige Mittheilung über einen neuen krystallisirbaren Bestandtheil des Guajakharzes, dessen weitere Untersuchung ich im Verein mit Dr. v. Gilm ausgeführt habe.

Über die Darstellung des Körpers, der die Natur einer schwachen Säure besitzt, ist schon berichtet. Das angegebene Verfahren hat sich auch in der Folge als zweckmässig bewährt.

Nachdem über die Formel der „Guajakharzsäure", so möge dieselbe zum Unterschiede von der Guajaksäure Thierry's bezeichnet werden, die zunächst als Kaliverbindung erhalten wird, einige Anhaltspunkte vorlagen, schien die zuerst nur empirisch als passend gefundene Kalimenge, mit der man eine Guajakharzlösung zu mischen hat, etwas zu hoch gegriffen, und sie wurde bei einigen späteren Versuchen probeweise um ein Drittel vermindert.

Die Ausbeute wurde dadurch allerdings kaum geringer, allein das abgeschiedene Kalisalz war dann nicht von jener Reinheit und Weisse, wie früher.

Es nahm beim Auswaschen eine schwache Bläuung an, und lieferte bei der Zersetzung mit Säuren einen Körper, der, so gut krystallisirbar er auch war, doch durch eine blaue Farbenreaction mit Eisenchlorid und Chlorwasser eine Verunreinigung beurkundete, die ihm fremd sein soll.

Eine andere gute Methode, die noch leichter, wenn auch etwas weniger reichlich, ein reines Product liefert, besteht darin, dass man das gepulverte Harz mit der Hälfte seines Gewichtes zu Milch gelöschten Kalk eine halbe Stunde lang kocht, dann das Flüssige abseiht, den Rückstand trocknet und in einem Verdrängungsapparat mit heissem Alkohol auszieht.

Von der lichtgelben Tinctur (die an der Luft leicht grün wird, und desshalb am besten in mit Kohlensäure gefüllten Gefässen weiter behandelt wird) zieht man den Alkohol ab, und löst den Rückstand in warmer Natronlauge von 1·3 spec. Gewicht.

Beim Auskühlen erhält man einen Brei des Natronsalzes, welches zwischen Leinwand in einer Presse trocken gepresst wird. Es wird dann zerrieben, unter Zusatz von Natronlauge aus Wasser umkrystallisirt und das gereinigte Salz mit Salzsäure zersetzt.

Die weitere Reinigung der Harzsäure kann man verschieden ausführen.

Alkohol löst sie sehr leicht, und die Lösung krystallisirt desshalb langsam. Die Krystalle bleiben warzig, klein und sind von der Mutterlauge schwer ganz zu befreien.

Schöner erhält man sie aus concentrirter Essigsäure, in der sie sich beim Erwärmen auch mit Leichtigkeit löst.

Nach kurzer Zeit bilden sich in solcher Lösung strahlig kuglige Krystallansätze und weiterhin erstarrt die ganze Flüssigkeit zu einem Haufwerk concentrisch gruppirter Nadeln, die nicht weich, wie die aus Alkohol erhaltenen schuppigen Krystalle, sondern spröde sind.

Sie wurden auf feiner Leinwand von der Mutterlauge befreit, zuerst mit starker, dann schwächerer Essigsäure, endlich mit Wasser bis zum Aufhören der sauren Reaction gewaschen, waren farblos, aber auch geruchlos, während die aus Alkohol krystallisirten leicht einen schwachen Vanillegeruch behalten.

Versetzt man eine verdünnte alkoholische Lösung der Harzsäure mit Wasser, so dass die Flüssigkeit nur milchig wird und nicht schon Harzklümpchen ausscheidet, so verwandelt sich diese Trübung über Nacht in schöne, glänzende, dünne Blättchen.

In derselben Weise krystallisirt eine mit Wasser sehr verdünnte alkoholische Lösung der Kali- oder Natronsalze, die mit Salzsäure bis zur milchigen Trübung versetzt wurde.

Am besten eignet sich zur Reinigung immer das weiter unten beschriebene Natronsalz, welches man durch wiederholtes Umkrystallisiren blendend weiss erhalten kann.

Als äussere Anhaltspunkte der Reinheit der Säure muss man verlangen, dass sie an der Luft liegend sich nicht verändert und grünlich wird, dass sie in Alkohol gelöst und mit alkoholischer

Eisenchloridlösung versetzt, durchaus keine blaue, sondern eine grasgrüne Färbung zeigt, dass die alkoholische Lösung mit Chlorwasser versetzt, sich nicht bläut oder grünt, und dass die mit Wasser zu einer Milch verdünnte Lösung auf Zusatz einiger Tropfen rother Salpetersäure nicht gebläut wird.

Die Krystalle der Guajakharzsäure schmelzen zwischen 75 bis 80°C. und erstarren unmittelbar nach dem Schmelzen wieder krystallinisch. Über den Schmelzpunkt erhitzt, bleibt die Masse harzartig. Auf Platin verbrennen sie mit leuchtender Flamme ohne Rückstand.

Die Analysen mussten immer in einem andauernden Strome Sauerstoff beendiget werden, sonst waren die Resultate im Kohlenstoffe ungenau.

I.	0·2760	Grm.	Subst.	gaben	0·7330	Grm.	Kohlens.	und	0·1941	Grm. Wass.
II.	0·2356	„	„	„	0·6245	„	„	„	0·1667	„ „
III.	0·2307	„	„	„	0·6150	„	„	„	0·1620	„ „
IV.	0·2263	„	„	„	0·6043	„	„	„	0·1620	„ „
V.	0·2261	„	„	„	0·6023	„	„	„	0·1647	„ „
VI.	0·2392	„	„	„	0·6331	„	„	„	0·1727	„ „
VII.	0·2482	„	„	„	0·6642	„	„	„	0·1750	„ „

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
C	72·43	72·29	72·70	72·50	72·65	72·15	72·98
H	7·81	7·86	7·80	7·95	8·09	8·01	7·83[1]

Diese Zahlen lassen mehrere Formeln zu, von denen Θ_{20}, H26 Θ4 am besten auch der Zusammensetzung der untersuchten Salze entspricht, dieselbe verlangt

C_{20}	240	72·72
H_{26}	26	7·87
Θ_4	64	19·41
	330	100·00

Guajakharzsaure Salze.

Die Säure verbindet sich in zwei Verhältnissen mit den Basen, und gibt neutrale und saure Salze.

[1]) Von den vielen Verbrennungen, die gemacht wurden, halten wir die mit den höchsten Kohlenstoffgehalten für die richtigsten, die übrigen differiren von diesen um ½—1 Procent. Der Wasserstoff ist ziemlich derselbe.

Die Substanzen waren von verschiedenen Bereitungen, und es zeigte sich auch, dass solche, die mit Eisenchlorid sich mehr bläuen als grünen, etwas kohlenstoffärmer sind. Sie wurden vor der Analyse geschmolzen, oder in einem bis in die Nähe ihres Schmelzpunktes erwärmten Luftstrome getrocknet.

Für die Analyse brauchbar sind vornehmlich die der Alkalien, die wenigstens krystallisirt zu erhalten sind. Die der alkalischen Erden und Metalloxyde sind amorphe Niederschläge.

Es sind aber selbst die krystallisirten Alkaliverbindungen nicht ganz leicht rein zu erhalten, denn sie sind sehr zersetzlich, und die krystallisirte Form, ihre Weisse und äussere scheinbare Reinheit bürgen nicht immer dafür, dass man es nicht mit Gemischen beider Arten von Salzen zu thun hat.

Bei aller Sorgfalt, die auf die Darstellung und Reinigung verwendet wurde, waren darum kleine Differenzen in den Analysen nicht hintanzuhalten.

Die neutralen Salze sind von gleichbleibender Zusammensetzung nur bei einem Überschuss freien Alkalis zu erhalten. Sie zersetzen sich schon beim Erhitzen ihrer Lösung und liefern beim Kochen saure Salze.

Die Lösung der sauren Salze zersetzt sich beim Sieden weiter, und setzt dann Gemische von saurem Salz mit freier Säure ab, die oft noch ein krystallinisches Äussere besitzen.

Alle untersuchten Salze enthalten Wasser, welches sie erst durch anhaltendes Trocknen in einem Luftstrom bei je nach der Art des Salzes verschieden hohen Temperaturen (120—150°) völlig verlieren.

Neutrales Kalisalz.

Es fällt auf Zusatz einer alkoholischen Kalilösung zu einer alkoholischen Lösung der Säure als copiöser undeutlich krystallinischer Niederschlag, den man schnell auf einem Filter mit kaltem starken Alkohol wäscht und presst.

Wässerige Kalilösung, wenn sie nicht zu concentrirt, löst die Säure in der Hitze auf, und nach dem Auskühlen fällt das Salz in feinen Krystallen heraus, die unter dem Mikroskope drusig gruppirte Schüppchen darstellen.

Aus ganz concentrirter Kalilauge und der Säure entsteht ein Brei der Kaliverbindung, die, wenn man erwärmt und Weingeist bis zur klaren Lösung hinzufügt, nach dem Erkalten in feinen Schuppen oder Blättchen erhalten wird.

a) Bei 100° getrocknet:

I. 0·2275 Grm. Subst. gaben 0·4535 Grm. Kohlens. und 0·1341 Grm. Wass.
II. 0·2768 „ „ „ 0·5560 „ „ „ 0·1580 „ „
III. 0·3142 „ „ „ 0·1212 „ schwefelsaures Kali.

$C_{20}H_{24}K_2O_4 + 2\,H_2O$			I.	II.	III.
C_{20}	240	54·30	54·36	54·78	„
H_{28}	28	6·33	6·54	6·34	„
K_2	78	17·66	„	„	17·28
O_6	96	21·71			
	442	100·00			

I. 0·333 Grm. dieses Salzes verlor bei 140° 0·0272 Grm. Wasser.
II. 0·290 „ wasserfreies Salz gab 0·1235 schwefelsaures Kali.

Der Krystallwassergehalt berechnet sich zu 8·14 Proc.
gefunden 8·16 „
Der Kaligehalt des trockenen Salzes ist berechnet . . . . 23·15 „
gefunden 23·00 „

b) Ein Salz von anderer Bereitung ergab nach dem Trocknen bei 100°.

0·2823 Grm. Subst. gaben 0·5417 Grm. Kohlens. und 0·1590 Grm. Wasser.
0·2946 „ „ „ 0·1090 „ schwefelsaures Kali.

$C_{20}H_{24}K_2O_4 + 3\,H_2O$			Gefunden
C_{20}	240	52·17	52·33
H_{30}	30	6·52	6·26
K_2	78	16·99	16·58
O_7	112	24·32	
	460	100·00	

0·400 Grm. Substanz bei 140° getrocknet gab 0·165 Grm. schwefelsaures Kali.

Berechneter Kaligehalt = 23·15
gefunden = 22·30

Bei der trockenen Destillation liefert das Kalisalz eine grosse Menge schwerer, weisser, uncondensirbarer Dämpfe, etwas Wasser und eine kleine Menge eines brenzlichen Öls.

Saures Kalisalz.

Erhält man eine Lösung des neutralen Salzes in verdünntem Alkohol einige Zeit im Sieden, so bildet sich nach dem Auskühlen eine krümmlig pulverige Krystallisation des sauren Salzes, das auf einem Filter mit kaltem Alkohol gewaschen wird.

Das Salz lässt sich auch erhalten durch Vermischen einer Lösung der Säure in schwachem Weingeist mit einer Lösung von kohlensaurem Kali. Der entstandene Niederschlag wird mit der Flüssigkeit erhitzt, und so lange verdünnter Alkohol zugesetzt, bis das Ganze klar gelöst ist.

Beim Auskühlen fällt die Verbindung als ein undeutlich krystallinischer Niederschlag heraus, der mit kaltem Wasser gewaschen und zwischen Papier abgepresst wird.

0·3212 Grm. Subst. b. 100° getr gab. 0·7234 Grm. Kohlens. u. 0·2082 Grm. W.
0·4189 „ „ „ „ „ „ 0·0920 „ schwefelsaures Kali.

$\underbrace{C_{20}H_{35}KO_4 + H_2O}$

C_{20}	—	240	—	62·17	—	61·42
H_{37}	—	27	—	6·99	—	7·20
K	—	39	—	10·10	—	9·83
O_5	—	80	—	20·74	—	
		386	—	100·00		

Dasselbe Salz bei 120° getrocknet, verlor 0·010 Grm. Wasser.
Berechneter Wassergehalt 4·66
gefunden 4·80

Das neutrale Kalisalz zersetzt sich bei längerem Kochen seiner Lösung in wässerigem Weingeist. Es scheidet dann in der Kälte einen pulverigen, mitunter krystallinischen Niederschlag aus, der je nach der Dauer des Kochens und je nach dem Alkoholgehalt der Flüssigkeit einen sehr wechselnden, bis zu 8 Procent verminderten Kaligehalt zeigen kann, und ein Gemisch ist von wenig freier Säure und viel neutralem Salze. In der Lösung befindet sich freies Alkali.

Neutrales Natronsalz.

Eine weingeistige Lösung der Säure wird von einer alkoholischen Natronlösung sofort reichlich gefällt. Setzt man noch etwas überschüssiges Natron hinzu, erhitzt das Ganze und fügt nun so viel Wasser zu, bis eine klare Lösung entsteht, so erfüllt sich diese nach dem Filtriren bald mit schönen glänzenden Krystallblättchen des neutralen Natronsalzes.

Die anderen beim entsprechenden Kalisalz angegebenen Verfahrungsweisen liefern das Salz gleichfalls.

Beim Umkrystallisiren aus verdünntem Weingeist muss immer etwas überschüssiges Natron zugegen sein, sonst erhält man vornehmlich saures Salz.

(Bei 100° getrocknet)

I. 0·2455 Grm. Subst. gaben 0·5222 Grm. Kohlens. und 0·1507 Grm. Wass.
II. 0·2210 „ „ „ 0·4705 „ „ „ 0·1365 „ „
III. 0·2040 „ „ „ 0·0725 „ schwefelsaures Natron.
IV. 0·3180 „ „ „ 0·1125 „ „ „

$Ȼ_{20}H_{24}Na_2Ɵ_4 + 2H_2Ɵ$			I.	II.	III.	IV.
$Ȼ_{20}$	240	58·29	58·01	58·06	„	„
H_{28}	28	6·83	6·82	6·86	„	„
Na_2	46	11·22	„	„	11·50	11·45
$Ɵ_6$	96	23·66	„	„	„	„
	410	100·00				

Nach dem Trocknen bei 120° gaben:

0·2455 Substanz gaben 0·0925 Grm. schwefelsaures Natron.
0·2133 „ „ 0·0820 „ „ „

Natriumgehalt des wasserfreien Salzes berechnet . . 12·30
„ „ „ „ gefunden . . 12·25—12·45

Saures Natronsalz.

Das trockene neutrale Natronsalz löst sich in einem Gemisch von gleichen Theilen Wasser und Weingeist in der Siedhitze vollständig auf. Aus der erkaltenden Flüssigkeit fallen schöne, kleine, glänzende Krystallblättchen des sauren Salzes, während die Flüssigkeit stark alkalisch reagirt.

0·2328 Grm. Subst. b. 100° getr. gab. 0·5550 Grm. Kohlens. u. 0·1590 Grm. W.
0·3110 „ „ „ 0·0590 „ schwefelsaures Natron.

$Ȼ_{20}H_{25}NaƟ_4 + H_2Ɵ$			
$Ȼ_{20}$	240	64·86	65·01
H_{27}	27	7·29	7·58
Na	23	6·21	6·14
$Ɵ_5$	80	21·64	„
	370	100·00	

0·2844 Grm. bei 120° getrocknet, verloren 0·0114 Grm. Wasser,
berechneter Wassergehalt 4·86 „ „
gefundener „ 4·01 „ „

0·2914 Grm. b. 120° getr. Subst. gab. 0·7256 Grm. Kohlens. u. 0·2000 Grm. W.
0·3060 „ „ „ „ „ „ 0·0604 „ schwefelsaures Natron.

$Ȼ_{20}H_{25}NaƟ_4$			Gefunden
$Ȼ_{20}$	240	68·18	67·91
H_{25}	25	7·10	7·62
Na	23	6·53	6·39
$Ɵ_4$	64	18·19	„
	352	100·00	

Die Verbindungen der Harzsäure mit den alkalischen Erden sind kreideweisse amorphe Pulver.

Die Barytverbindung, aus dem neutralen Kalisalz durch Fällung mit Chlorbaryum erhalten, gab bei 160° getrocknet

32·61 Proc. Baryt, für $C_{20}H_{24}Ba_2\Theta_4$ berechnet sich:
32·93 „ „

Die Verbindungen des Bleies, Kupfers, Quecksilbers und Silbers sind amorphe Niederschläge.

Die Silberverbindung wird am Lichte graubraun, beim Erwärmen schnell reducirt.

Ammoniak löst die Säure nur zum kleinen Theil.

Aus einer alkalischen Lösung fällt Salmiak das Harz.

Bromguajakharzsäure.

Tröpfelt man Brom in eine Lösung der Guajakharzsäure in Schwefelkohlenstoff, so wird die Flüssigkeit zuerst karminroth, dann bei weiterem Zusatze bläulich violet, endlich braun. In diesem Zeitpunkte wurde der Zusatz unterbrochen und die Bromwasserstoff in grosser Menge abdunstende Flüssigkeit auf dem Wasserbade abgeraucht.

Der krystallinische Rückstand wurde zerrieben und auf einem Filter mit kaltem Weingeist gewaschen, solange derselbe noch gefärbt ablief. Die weiss gewaschene Masse wurde dann in siedendem Alkohol gelöst. — Sie löst sich langsam, bedarf grosser Alkoholmengen und fällt beim Erkalten schnell wieder heraus.

Das gereinigte Product stellt lockere, glänzende, kurze, farblose Nädelchen dar.

Bei 100° getrocknet

I. 0·2950 Grm. Subst. gab. 0·4040 Grm. Kohlens. und 0·1000 Grm. Wasser.
II. 0·3003 „ „ „ 0·4128 „ „ „ 0·1010 „ „
III. 0·2096 „ „ „ 0·2473 „ Bromsilber.
IV. 0·2594 „ „ „ 0·3018 „ „

$C_{20}H_{22}Br_4\Theta_4$			I.	II.	III.	IV.
C_{20}	240	37·15	37·32	37·41	„	„
H_{22}	22	3·40	3·76	3·76	„	„
Br_4	320	49·39	„	„	49·09	49·60
Θ_4	64	10·06	„	„	„	„
	646	100·00				

Die Einwirkung des Chlors auf eine Lösung der Harzsäure in Schwefelkohlenstoff verläuft ähnlich, allein das Product ist viel schwieriger zu reinigen.

Die Flüssigkeit färbt sich röthlich, dann braun, endlich gelbroth, es entweicht Salzsäure in Strömen und die Reaction scheint zu Ende, wenn freies Chlor den Kolben erfüllt.

Nach dem Verdunsten hinterbleibt eine klebrige, harzige, paradiesäpfelrothe Masse, die sich gleich leicht in Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff und Essigsäure löst. Es gelang nicht, daraus eine reine krystallisirte Substanz abzuscheiden.

Schwefelsäure löst die Harzsäure mit purpurrother Farbe, und verwandelt sie bei längerer Einwirkung in eine dunkelrothe Harzmasse.

Salpetersäure wirkt heftig ein, das Hauptproduct ist ein gelbes, in der Kälte sprödes Harz.

Ätzalkalien liessen auch bei andauernder Einwirkung wässeriger Lösungen in der Hitze die Säure ziemlich unverändert.

Phosphorsuperchlorid greift eine Lösung derselben in Schwefelkohlenstoff unter Salzsäureentwickelung an. Allmählich scheidet sich aus derselben eine weiche kautschukähnliche Masse aus, die völlig amorph, den Lösungsmitteln sehr wenig zugänglich ist, und der Reinigung grosse Schwierigkeiten bot.

Pyroguajacin.

Die Guajakharzsäure steht in naher Beziehung zum Pyroguajacin. Wenn man sie in einer Retorte der trockenen Destillation unterwirft, so erhält man ein gelbes, dickliches, öliges Destillat, welches in der Vorlage und manchmal schon im Retortenhals krystallinisch erstarrt.

Die Krystalle sind Pyroguajacin. Sie sind durchtränkt mit einem Öle von brenzlichem Geruch des rohen Guajakols. Guajol wird dabei nicht gebildet.

Es kömmt übrigens viel auf die Art des Destillirens an, wie der Process verläuft. Jagt man die Masse bei raschem Feuer schnell über, so ist das Destillat nach dem Auskühlen eine weiche, bernsteingelbe klebrige Masse, die zum grossen Theil aus unveränderter Säure besteht. Sie verwandelt sich, mit Natronlauge erwärmt, schnell in das krystallinische Natronsalz.

Ausserdem hat sich eine kleine Menge jenes Körpers gebildet, der die Ursache ist, dass Guajacol mit Alkalien an der Luft so schnell braun wird.

Destillirt man die Säure recht langsam, so ist das Destillationsproduct der Hauptmenge nach Guajacol, aus welchem in der Kälte Pyroguajacin krystallisirt.

Pyroguajacin, mit den öligen Producten stehen gelassen, verschwand nach einigen Wochen völlig.

Mit dem Pyroguajacin wurden, so weit das beschränkte Material reichte, noch einige Versuche angestellt.

Da sich zeigte, dass es mit den Alkalien krystallisirte Verbindungen eingeht, war es möglich, die für dasselbe vorgeschlagene Formel $C_{19}H_{22}O_{3}$ weiter zu prüfen [1]).

Pyroguajacin löst sich in kochender Ätzkalilösung auf, und die Flüssigkeit erstarrt beim Erkalten zu einem Brei farbloser, haarförmiger, atlasglänzender Krystalle. Sie wurden abgepresst und in kochendem Alkohol gelöst. Beim Erkalten fiel das Salz in schönen zarten Prismen heraus. Diese enthalten, über Schwefelsäure getrocknet, noch Wasser, welches sie bei 100° verlieren. Es ist eine Eigenthümlichkeit der Pyroguacin-Verbindungen, sich beim Erwärmen bis 100° grünlich, weiterhin schmutzig blaugrün zu färben.

Beim wiederholten Umkrystallisiren werden sie zersetzt und immer ärmer an Base. Über Schwefelsäure getrocknete Substanz gab:

0·1994 Grm. — 0·4567 Grm. Kohlensäure und 0·1173 Grm. Wasser.
0·1965 „ — 0·0447 „ schwefelsaures Kali.

	$C_{19}H_{21}KO_{3}+1\frac{1}{2}H_{2}O$ [2])	
	Berechnet	
C	62·81	62·46
H	6·61	6·55
O	12·94	12·14

0·2030 Grm. bei 100° getrockneter Subst. gaben 0·0520 Grm. schwefels. Kali.

K. berechnet 13·98
„ gefunden 13·89

Pyroguajacin-Natron, so bereitet wie die Kaliverbindung, stellt irisirende Blättchen dar. Es wird schon bei mässigem Erwärmen an der Luft grün.

---

[1]) Vergleiche Annalen Bd. 106, S. 339. — Sitzungsberichte d. kais. Akad. XXX, S. 81.

[2]) Die Pyroguajacin-Salze entlassen schon bei gewöhnlicher Temperatur etwas Krystallwasser; der Gehalt desselben ist wahrscheinlich grösser als $1\frac{1}{2}$ Äq.

0·2010 Grm. ü. Schwefels. getrockn. Subst. gab. 0·4885 Kohlens. u. 0·1190 W.
0·2150 „ „ „ „ „ „ 0·0455 schwefels. Natron.

Diese Zahlen entsprechen annähernd der Formel

$$C_{19}H_{21}NaO_3 + H_2O;\ \text{genauer}\ {}_2C_{19}H_{21}NaO_3 + 2\tfrac{1}{2}H_2O$$

	Berechnet	Gefunden
C	66·27	66·27
H	6·86	6·57
Na	6·72	6·85

Bei 100° getrocknet gaben I. 0·158 Grm. Subst. 0·0347 Grm. schwefels. Natron.
II. 0·158 „ „ 0·0348 „ „ „

	$C_{19}H_{21}NaO_3$ Berechnet	I.	II.
Na.	7·18	7·08	7·13

Eine Lösung von Pyroguajacin-Kali oder Natron wird auf Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd gefällt. Der Niederschlag bräunt und schwärzt sich schnell.

Wird Pyroguajacin mit Schwefelsäure zusammengebracht, so löst es sich mit gelber Farbe auf. Erwärmt man, so verwandelt sich die Farbe in röthlich, schmutziggrün, grün, violblau, dunkelblau. Eine solche dunkelblaue Lösung, mit Wasser versetzt, lässt ein dunkelblaues Pulver fallen; die darüber stehende Flüssigkeit ist ungefärbt.

Versetzt man die blaue Schwefelsäurelösung mit Alkohol, so löst sich ein Theil mit blauschwarzer Farbe auf, ein anderer fällt als eben solches Pulver zu Boden. Die blaue Schwefelsäurereaction entsteht auch in der Kälte, wenn man der Säure ein wenig Braunstein zusetzt. Weniger schön mit Chromsäure, am wenigsten deutlich und schnell in rothbraun übergehend, auf Zusatz von etwas rother Salpetersäure.

Von Chlorwasser wird eine alkoholische Pyroguajacin-Lösung beim Erwärmen schmutzigroth gefärbt.

Eisenchlorid färbt die alkoholische Lösung grün.

Es könnte sein, dass die blaue Farbenreaction der Guajaktinctur, die durch schwach oxydirende Substanzen entsteht, mit den angeführten in einem Zusammenhange steht.

(Die Guajakharzsäure, wenn sie rein ist, zeigt, wie schon erwähnt, die Erscheinungen nicht, die man an einer alkoholischen Lösung von rohem Guajakharz beobachtet.)

Das Pyroguajacin könnte man mit der Benzilsäure und der Oxatolylsäure von Möller und Strecker[1]) in eine Reihe zu stellen versucht sein.

$C_{14}H_{12}O_3$ — Benzilsäure.
$C_{16}H_{16}O_3$ — Oxatolylsäure.
. . . .
$C_{19}H_{22}O_3$ — Pyroguajacin.

Wenn es aber zur Charakteristik dieser Körper gehört, dass sie mit Kali erhitzt, sich in einen Kohlenwasserstoff aus der Reihe des Benzols und in Oxalsäure spalten, wie die Oxaltolylsäure, so ist die Beziehung des Pyroguajacins zur Oxatolylsäure nur eine äusserliche, denn dieses liefert beim anhaltenden Kochen mit Kalilauge keine Oxalsäure.

Inzwischen wurde, als derselbe Versuch mit Benzilsäure angestellt wurde, auch keine Oxalsäure gefunden. Das abdestillirte Wasser war zwar etwas trübe und besass einen schwach aromatischen Geruch, allein es fand sich kein öliges Product darin.

Benzilsaure Salze färben sich, ähnlich den Pyroguajacinsalzen, mit Schwefelsäure blau.

Benzilsaures Silberoxyd wird schon beim Erwärmen auf 100° blau. — —

Es erübrigt nun noch, jenen Körper aus dem Guajakharz zu isoliren, welcher die intensiv blaue Färbung mit schwachen Oxydationsmitteln liefert.

Die völlige Reindarstellung desselben hat Schwierigkeiten, die wir trotz sehr vieler mühsamer, in dieser Richtung unternommener Versuche noch nicht überwinden konnten, und diese selbst eignen sich daher noch nicht für eine Mittheilung.

Es sei uns vorbehalten, später darauf zurück zu kommen, vielleicht gelingt es uns auch, bis dahin über die Natur der „Guajaksäure" Bestimmteres aussagen zu können, als bis jetzt noch vorliegt.

---

[1]) Annales CXIII. 56.

Über eine neue Säure aus dem Milchzucker.

Von H. Hlasiwetz.

In dem Milchzucker lässt sich ein Theil des Wasserstoffes durch Brom substituiren, und dieses Product liefert durch Behandlung mit Silberoxyd eine Säure, die bisher noch nicht bekannt war.

Man bringt 1 Äquivalent Milchzucker mit 4 Äquivalent Brom und einer angemessenen Menge Wasser in zugeschmolzene Röhren (oder bei Darstellung grösserer Mengen in, mit einem Kautschukkork und Drath verschlossene, dickwandige Flaschen, und setzt diese der Hitze des Wasserbades aus.

Wenn das Brom verschwunden ist, und die Flüssigkeit nur mehr schwach gelb gefärbt erscheint, öffnet man vorsichtig die Gefässe, wobei etwas Bromwasserstoff, Kohlensäure und eine wie Bromäthyl riechende flüchtige Substanz entweichen, und erwärmt die Flüssigkeit in einer Schale auf freiem Feuer. Nachdem sie farblos geworden und wieder erkaltet ist, trägt man nun so lange frisch gefälltes Silberoxyd ein, bis die saure Reaction ganz verschwunden ist; dabei erwärmt sie sich von selbst nicht unbeträchtlich.

Man filtrirt den Bromsilberschlamm ab, wäscht aus, zersetzt die Lösung des zur Reduction sehr geneigten Silbersalzes mit Schwefelwasserstoff, filtrirt wieder, und verjagt den Schwefelwasserstoff.

Man hat nun eine, noch nicht ganz reine Lösung der neuen Säure, die beim Eindampfen zu einem sauren Syrup wird, ohne zu krystallisiren.

Unter den Salzen derselben konnte bis jetzt blos eines gefunden werden, welches krystallisirt zu erhalten ist, das ist das Ammoniaksalz.

Es muss als Ausgangspunkt zur Reindarstellung der Säure und ihrer übrigen Verbindungen genommen werden.

Man versetzt die Lösung der rohen Säure mit Ätzammoniak bis zum Vorwalten desselben', und kocht bis zum Verschwinden des Ammoniakgeruches.

Bei passender Concentration schiessen dann nach einigen Tagen Krystalle des Salzes an.

Von den Mutterlaugen befreit und mit Kohle gereinigt, erhält man sehr schöne, oft beträchtlich grosse, harte, völlig farblose Krystalle dieser Verbindung.

Mit einem basischen Bleisalze zersetzt, liefern sie eine Bleiverbindung. Diese kann durch Zerlegen mit Schwefelwasserstoff wieder in freie Säure verwandelt und aus derselben durch Sättigen mit kohlensauren Oxyden oder Oxydhydraten die übrigen Salze dargestellt werden.

Das ursprüngliche gebromte Product aus dem Milchzucker ist ebenfalls ein sehr saurer, farbloser, in der Wärme unter Bromwasserstoff-Entwickelung leicht zersetzlicher Syrup, dessen Reindarstellung für die Analyse vorläufig noch nicht erreicht wurde.

Die durch die Behandlung mit Silberoxyd daraus hervorgehende freie Säure ist nicht identisch mit einer der zuletzt von Bödeker aus dem Milchzucker erhaltenen, kommt in mehreren Stücken der Zuckersäure am nächsten und ist mehrbasisch wie diese.

Herr Dr. Barth ist mit der näheren Untersuchung ihrer Verhältnisse beschäftigt.

Nachschrift.

Es hat sich im Verlaufe der Untersuchung ergeben, dass die neue Säure krystallisationsfähig ist.

Sie geht ferner mit Kalk und Cadmiumoxyd krystallisirte Verbindungen ein.

Innsbruck im Juni 1861.

Über das Galbanum.

Mitgetheilt von H. Hlasiwetz.

Dr. Sommer hat in Zwenger's Laboratorium kürzlich gefunden, dass das Galbanum, so wie mehrere andere Harze und Schleimharze ein merkwürdiges Zersetzungsproduct, das Umbelliferon, liefert, welches dem Chinon isomer ist.

Einige Beobachtungen über das Galbanum, die Herr Ph. Mag. P. Moessmer gesammelt hat, sind darum in Rücksicht auf diesen krystallisirten Körper und als Ergänzung der älteren Untersuchungen vielleicht nicht ganz ohne Interesse.

I. Beim Destilliren des in Stücken zerschlagenen Galbanums mit Wasser aus einer Glasretorte erhält man etwa 7 Proc. eines flüchtigen Öls von dem balsamischen Galbanum-Geruch, welches bei der nächsten Rectification mit Wasser völlig farblos und ziemlich lichtbrechend erscheint.

Mit Chlorcalcium getrocknet und dann für sich destillirt, zeigt es, wenn Platindrath in die Retorte gelegt wird, bei 160° C. ein sehr constantes Sieden, und geht zwischen 160 und 165° C. fast ohne Rückstand über.

Die Partie einer dritten Rectification, die zwischen 160 und 161° C. übergegangen war, wurde analysirt.

I.	0·3197 Grm. Subst.	gaben	1·034 Grm. Kohlens.	und	0·3418 Grm. Wasser.
II.	0·2115 „ „	„	0·685 „ „	„	0·2239 „ „
III.	0·1915 „ „	„	0·620 „ „	„	0·202 „ „

Diesen Zahlen nach ist das Galbanumöl mit dem Terpentinöl isomer.

	Berechnet	I.	II.	III.
C_{10}	88·24	88·20	88·33	88·29
H_{16}	11·76	11·88	11·76	11·71

Das specifische Gewicht wurde bei 9° C. zu 0·8842 gefunden. Das Mittel aus 6 Versuchen ergab in einem Cylinder von 61 Millim. Höhe eine Ablenkung des polarisirten Strahles um 11′ 20° m. nach rechts.

Daraus ergibt sich die specifische Drehkraft = 0·1857.

Der Brechungsexponent des Öls ist . . . = 1·4542.

Bei der Behandlung mit trockenem Salzsäuregas färbt sich das Öl röthlich bis purpurroth, und wird zuletzt undurchsichtig. In der Kälte scheiden sich dann nach einigen Tagen Krystalle einer Salzsäureverbindung aus, die abgepresst und aus Alkohol umkrystallisirt einen starken cajaputähnlichen Geruch, im Übrigen aber so vollständig die Verhältnisse der entsprechenden, aus Terpentinöl und anderen isomeren Kohlenwasserstoffen entstehenden Salzsäureverbindungen zeigten, dass es überflüssig schien, sie noch zu analysiren. Mit verdünnter Salpetersäure übergossen und stehen gelassen, färbte sich das Öl dunkel, allein es hatte sich nach mehr als 3 Monaten keine Krystallisation eingestellt.

II. Nach dem Abdestilliren des Öls hat man in der Retorte eine harzige Masse und eine trübe Flüssigkeit, die die gummösen, schleimigen und extractiven Bestandtheile gelöst enthält und die zu einer weichen klebrigen Masse eintrocknet [1]). Die harzige Masse wurde mehrmals mit Kalkmilch ausgekocht. Man erhält nach dem Filtriren dunkelgelb gefärbte Lösungen, die mit Salzsäure versetzt das Harz in weisslichgelben Flocken fallen lassen, die leicht auszuwaschen sind.

---

[1]) Destillirt man dieselbe mit verdünnter Schwefelsäure, so erhält man ein trübes Destillat, welches sauer reagirt und einen fettsäureartigen, dabei schwach aromatischen Geruch besitzt. Sättigt man mit Soda, dampft, um eine Spur flüchtigen Öls zu verjagen, ein, zersetzt wieder mit Schwefelsäure und destillirt neuerdings, so lässt sich aus dem Destillat durch Sättigen mit Silberoxyd in der Hitze eine ziemliche Menge eines flockig krystallisirten weissen Silbersalzes erhalten, welches sich nach der damit vorgenommenen Analyse als metaceton-essigsaures erwies.

0·2812 Gr. (bei 100° getr.) gaben 0·178 Gr. Kohlens. und 0·0635 Gr. Wasser.
0·300 „ „ „ 0·1855 „ Silber.

$C_3 H_5 Ag O_2$ $C_3 H_3 Ag O_2$				Gefunden
C	—	17·24	—	17·26
H	—	2·30	—	2·50
Ag	—	62·06	—	61·83

Es erweicht und schmilzt schon in mässiger Wärme, löst sich in gewöhnlichem Äther völlig, im absoluten aber nicht ganz.

Die letztere Lösung ist dunkel goldgelb, und hinterlässt beim Verdunsten das Harz als honiggelbe Masse, die nunmehr in Alkalien nicht völlig löslich ist.

Auch Schwefelkohlenstoff löst es nur theilweise, Alkohol am leichtesten. Es ist nicht möglich gewesen, es in eine krystallisirte Form oder in krystallisirte Verbindungen überzuführen. Auch nitrirte oder bromirte Verbindungen zu erhalten gelang nicht. Das durch Lösen in absolutem Äther und Wiederverdunsten des letzteren gereinigte, geschmolzene, völlig aschenlose Harz gab bei der Analyse:

0·243 Grm. Subst. gaben 0·642 Grm. Kohlens. und 0·175 Grm. Wasser.
0·264 „ „ „ 0·6965 „ „ „ 0·196 „ „

	In 100 Theilen	
C	72·05	71·93
H	8·00	8·24

In gewöhnlichem Äther völlig lösliches Harz von anderer Bereitung gab: C 71·60 H 8·44.

Johnston fand im Mittel von 5 Analysen:

C — 73·9
H — 8·4

Eine concentrirte alkoholische Lösung des Harzes mit Salzsäure gesättigt und in zugeschmolzenen Röhren längere Zeit auf 100° C. erhitzt, liefert als Zersetzungsproduct Umbelliferon. Es löst sich dasselbe bei der Behandlung des Röhreninhaltes mit Wasser während sich eine braune Harzmasse abscheidet. Zucker wurde in der Lösung nicht gefunden.

III. Das Umbelliferon wurde schon von Zwenger und Dr. Sommer auch durch trockene Destillation des Galbanumharzes gewonnen [1]). Dieses so gereinigte Harz lieferte es in beträchtlicher Menge. Das rohe Destillat ist ein grünblaues Öl von mildem aromatischen Geruch, in welchem sich (oft schon im Retortenhalse) Krystalle ansetzen. Gleichzeitig bildet sich bei der Destillation etwas Wasser. Das Öl erstarrt nach kurzer Zeit völlig zu einem Krystallbrei. Man trennt den öligen Theil von dem krystallinischen durch wiederholtes Auskochen mit Wasser und Filtriren durch benetzte Filter.

[1]) Centralblatt 1859, S. 370. Annalen CXV, S. 18.

Aus der Lösung krystallisirt das Umbelliferon bald heraus und ist nach dem Umkrystallisiren ganz weiss und völlig rein. Es gab in Übereinstimmung mit den von Sommer gefundenen Zahlen:

0·1549 Grm. Subst. gaben 0·3786 Grm. Kohlens. und 0·0534 Grm. Wasser.

$C_6H_4O_2$		Gefunden		Sommer (im Mittel)
C 66·67	—	66·65	—	66·60
H 3·70	—	3·83	—	3·83

Der Beschreibung des Umbelliferons, die von diesen beiden Chemikern vorliegt, ist nichts hinzuzufügen. Für die Formel desselben eine Stütze möchte ein bromirtes Derivat sein, welches auf folgende Weise erhalten wurde. In eine Lösung des Umbelliferons in schwachem Weingeist wurde so lange Brom eingetragen, bis die gelbe Farbe der Flüssigkeit einen Überschuss von Brom anzeigte. Das herausgefallene flockige Product wurde zuerst auf einem Filter vollständig mit kaltem Wasser ausgewaschen, dann in einen Kolben gespült und mit einer zur Lösung unzureichenden Menge Alkohol erhitzt. Der Alkohol ist gelbroth gefärbt, der Rückstand weiss, und dieser in einer neuen Menge heissem Alkohol gelöst, gibt beim Auskühlen schnell drusig verwachsene krümmliche Schüppchen.

Bromumbelliferon ist im Wasser ganz unlöslich. Die Lösung mit einem Alkali bewerkstelligt, zeigt einen lichtgrünen Flächenschiller, während sich das reine Umbelliferon durch einen schön blauen auszeichnet.

I. 0·3943 Grm. Subst. gaben 0·3925 Grm. Kohlens. und 0·034 Grm. Wasser.
II. 0·2691 „ „ „ 0·2680 „ „ „ 0·020 „ „
III. 0·2271 „ „ „ 0·3213 „ Bromsilber.

$C_6H_3BrO_2$		I. und III.		II.
C — 27·06	—	27·14	—	27·16
H — 0·75	—	0·95	—	0·82
Br — 60·15	—	60·19	—	„

IV. Das bei der trockenen Destillation des gereinigten Harzes mit dem Umbelliferon zugleich übergehende Öl von blaugrüner Farbe kann man rein erhalten, wenn nach dem wiederholten Auskochen desselben mit Wasser die letzten Spuren Umbelliferon durch Behandlung mit ganz verdünnter Kalilauge weggenommen werden.

Der charakteristische blaue Schiller, den die kleinsten Mengen Umbelliferons in alkalischer Lösung noch geben, ist ein Anhaltspunkt, wie lange man das Öl so zu waschen habe.

Als er ganz verschwunden war, wurde mit etwas angesäuertem Wasser das Alkali entfernt und zuletzt lange mit reinem Wasser behandelt. Das Öl ist ziemlich dickflüssig und hat einen hohen Siedpunkt. Besser als durch Chlorcalcium entfernt man die anhängende Feuchtigkeit dadurch, dass man es in einer Retorte, die mit einem Aspirator verbunden ist, so lange auf etwa 110° C. erhitzt, als sich noch ein Beschlag von Wasser im Halse zeigt.

Es wurde dann rectificirt, die ersten und letzten Partien entfernt und die mittlere für sich aufgefangen.

Diese wurde nochmals mit eingesenktem Thermometer umdestillirt.

Man erhielt so ein prächtig blaues Öl von so rein und tief azurblauer Farbe, wie sie eine ammoniakalische Lösung von Kupferoxyd zeigt.

Weingeist löst es mit derselben schönen Farbe.

Es lässt sich über Ätzkalk rectificiren ohne sie zu verlieren. Alkoholische Eisenchloridlösung verwandelt sie in lichtgrün. Salpetersäure färbt das Öl in der Kälte gelbroth, beim Erhitzen dunkler.

Brom verharzt es unter starker Bromwasserstoff-Entwickelung. In Ätzalkalien ist es ganz unlöslich und behält die Farbe.

Durch Schwefelsäure wird es braungelb.

Der Geruch ist schwach aromatisch, der Geschmack ebenso; dann etwas kratzend und hinterher stark bitter. In einer Kältemischung wird es sehr dickflüssig ohne aber zu erstarren.

Sein Siedpunkt liegt bei 289° C.

Als man das Öl in einer langen Glasröhre, in die ein Thermometer tauchte, kochte, beobachtete man, dass anfangs das Thermometer bis 264°, dann auf 273° C. stieg, und das Öl dabei seine blaue Farbe in eine dunkelgrüne änderte. Ebenso wurden die früher blauen Dämpfe grünlich; das Thermometer erreichte endlich 289° C. und stellte sich, während es seiner ganzen Länge nach den heissen Dämpfen ausgesetzt war, völlig ein. Bei dieser Temperatur destillirte es dann auch aus einer Retorte über, und zwar mit der schönsten blauen Farbe.

Die Analysen sind mit zwei Ölen verschiedener Bereitung ausgeführt, die beide, auch ohne zuvor länger erhitzt gewesen zu sein, bei 289 — 290° C. abdestillirt waren.

I. 0·2188 Grm. Subst. gaben 0·6722 Grm. Kohlens. und 0·2066 Grm. Wasser.
II. 0·1971 „ „ „ 0·6049 „ „ „ 0·1870 „ „
III. 0·2550 „ „ „ 0·7820 „ „ „ 0·2375 „ „
IV. 0·2398 „ „ „ 0·7373 „ „ „ 0·2223 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
C	83·78	83·70	83·63	83·85
H	10·49	10·57	10·35	10·30

Die einfachste diesen Zahlen entsprechende Formel ist $C_{20}H_{15}O$ oder $\mathrm{C}_{20}H_{30}\mathrm{O}$ welche verlangt:

C	83·91
H	10·49
O	5·60

Dafür, dass die Formel dieses Öls C_{20} oder ein Multiplum davon enthält, scheint zu sprechen, dass durch Behandlung desselben mit Kalium oder Natrium ein farbloses Öl erhalten wird, dessen Analysen auf die Formel $\mathrm{C}_{20}\,H_{30}$ passen.

Die Operation wurde in einer aufrechtstehenden Retorte vorgenommen, und das Kochen mit dem Metall so lange unterhalten, bis die Farbe des Destillats ganz verschwunden war.

Der Retorteninhalt wird gelbbraun, das abdestillirende Öl ist farblos, besitzt einen schwachen kräuterartigen Geruch, und einen milden, gar nicht brennenden Geschmack.

Es siedet ziemlich constant bei 254° C. und löst sich in absolutem Alkohol, Schwefelkohlenstoff und Äther.

Die alkoholische Lösung wird von Eisenchlorid nicht verändert.

Brom wirkt heftig ein.

I. 0·190 Grm. Subst. gaben 0·6176 Grm. Kohlens. und 0·1938 Grm. Wasser.
II. 0·2738 „ „ „ 0·8918 „ „ „ 0·2745 „ „

	Berechnet	I.	II.
C_{20}	88·88	88·65	88·83
H_{30}	11·12	11·33	11·14

Die Formeln $\mathrm{C}_{20}\,H_{30}\,\mathrm{O}$ für das blaue Öl und $\mathrm{C}_{20}\,H_{30}$ für den Kohlenwasserstoff drücken die einfache Beziehung der beiden Körper zu einander aus, die die eines Alkohols zu seinem Hydrür ist.

Zwischen diesen beiden steht das Product der Behandlung des blauen Öls mit wasserfreier Phosphorsäure.

Beim Erwärmen damit entfärbt es sich ziemlich schnell, und beim Destilliren erhält man ein gelbliches Öl mit einem schwach bläulichen Schiller. Nach dem Rectificiren siedet es bei 250 — 253° C. Der Geruch ist wenig verschieden von dem mit Kalium behandelten Öl.

I. 0·3514 Grm. Subst. gaben 1·1195 Grm. Kohlens. und 0·3401 Grm. Wasser.
II. 0·2589 „ „ „ 0·8235 „ „ „ 0·2514 „ „

In 100 Theilen:

C — 86·88 — 86·75
H — 10·75 — 10·78

Die Formel $\left.\begin{matrix}\Theta_{20}H_{29}\\ \Theta_{20}H_{29}\end{matrix}\right\}\Theta$ verlangt $\left.\begin{matrix}C\ 86{\cdot}66\\ H\ 10{\cdot}47\end{matrix}\right\}$.

Somit wäre dieses Öl gegenüber dem blauen im Verhältniss eines Äthers zum Alkohol:

$\left.\begin{matrix}\Theta_{20}H_{29}\\ H\end{matrix}\right\}\Theta$ blaues Öl.

$\left.\begin{matrix}\Theta_{20}H_{29}\\ \Theta_{20}H_{29}\end{matrix}\right\}\Theta$ Product der Phosphorsäure-Behandlung.

$\left.\begin{matrix}\Theta_{20}H_{29}\\ H\end{matrix}\right\}$ Product der Behandlung mit Natrium.

Man kennt bis jetzt ausser dem Chamillenöl wenig Öle von so eigenthümlicher blauer Farbe wie die des Galbanumöls. Das Chamillenöl, im Geruch und den übrigen Eigenschaften dem Galbanumöl sehr ähnlich, besteht nach Borntraeger aus [1]):

C — 79·8 — 79·8 — 79·5 78·2
H — 10·0 — 10·6 — 10·8 „

und es ist immerhin zu beachten, dass diese Zahlen sich der Formel $\Theta_{20}H_{32}\Theta_2$, die sich von der des blauen Galbanumöls um $H_2\Theta$ unterscheidet, nähern.

Sie verlangt: C 78·9 H 10·5.

Es treten ausser dem Umbelliferon, dem blauen Öl und einer kleinen Menge Wasser keine wesentlichen Producte bei der Zersetzung des gereinigten Galbanumharzes durch Hitze auf.

Einen Schluss aus diesen Zersetzungsproducten auf die Zusammensetzung des Harzes selbst zu ziehen, kann natürlich nur einen

---

[1]) Annalen Bd. 49, S. 273.

ungefähren Werth haben, da dieses keine brauchbaren Verbindungen eingeht, oder in eine Form zu bringen wäre, die eine so ermittelte Formel controliren könnte. Man hätte aber annäherungsweise vielleicht:

$$\underbrace{C_{26}H_{36}O_5}_{\text{Harz}} = \underbrace{C_{20}H_{30}O_2}_{\text{Blaues Öl}} + \underbrace{C_6H_4O_2}_{\text{Umbelliferon}} + H_2O$$

	Berechnet	Gefunden		Johnston
C_{26}	72·8	72·0	71·9	73·9
H_{36}	8·4	8·0	8·2	8·4
O_5	18·8	„	„	„
	100·0			

Setzt man in dem Harz einen kleinen Überschuss von Sauerstoff voraus, so würden die Zahlen ziemlich genau mit dieser Formel stimmen.

Über die Acetyl-Quercetinsäure.

Von **Leop. Pfaundler.**

In seiner werthvollen Untersuchung über den krystallisirten Bestandtheil von *Daphne mezereum* beschreibt Zwenger (Annalen, **115**, I) das Daphnetin, einen krystallisirten Körper von der Formel $C_{19}H_{14}O_{9}$, ein Zersetzungsproduct des Daphnins, eines Glücosids, von Eigenschaften, die es dem Äsculetin an die Seite stellen.

Diese Verhältnisse, zusammengehalten mit der gegebenen Formel, liessen eine Beziehung zu der kürzlich beschriebenen Quercetinsäure [1]), dem Spaltungsproduct des Quercetins, vermuthen, die sich vielleicht durch die Formeln

$$\underbrace{C_{17}H_{12}O_{8}}_{\text{Quercetinsäure}} \quad \underbrace{C_{17}\begin{matrix}C_{2}H_{3}O\\H_{11}\end{matrix}O_{8}}_{\text{Daphnetin}} = C_{19}H_{14}O_{9}$$

hätte ausdrücken lassen, demzufolge das Daphnetin als ein Acetylderivat der Quercetinsäure erschiene, und es hätte sich dann erwarten lassen, dass das Daphnetin künstlich darstellbar sei.

Herr Prof. Rochleder hatte die Güte, zur Ausführung eines Versuches in dieser Richtung noch eine Quantität Quercitrin zu überlassen.

Behandelt man in der gewöhnlichen Weise getrocknete Quercetinsäure mit Acetylchlorid in einem mit einem Kühler versehenen Kolben im Wasserbade, so findet fast gar keine Einwirkung Statt.

Die Krystalle der Säure lösen sich nicht, verursachen ein starkes Stossen der kochenden Flüssigkeit, die Salzsäureentwicklung ist sehr unbedeutend, und selbst eine stundenlange Einwirkung ändert nichts am Erfolg. Schmilzt man dagegen das Chlorid mit der Säure in Röhren ein, und erhitzt diese im Wasserbade, so ist in kurzer Zeit die Säure gelöst, und die Reaction beendigt.

Nach dem Verjagen des überschüssigen Chlorids erhält man einen klebrigen Firniss, der mit Wasser behandelt, sich in eine

---

[1]) Sitzungsberichte, Bd. 36, S. 401. — Annal. 112, S. 96.

weisse, flockige, harzartige Masse verwandelt. Sie wurde mit Wasser, in dem sie ganz unlöslich ist, wohl ausgewaschen und aus Alkohol umkrystallisirt.

Man erhielt kleine, prismatische Nadeln, die selbst im heissen Wasser unlöslich sind, sich in Alkohol aber leicht lösen.

Eisenchlorid färbte die alkoholische Lösung nur unbedeutend.

Dadurch schon unterscheidet sich also der Körper vom Daphnetin. Alkalien lösen ihn mit gelber Farbe, die an der Luft in Roth übergeht; er reducirt in alkalischer Lösung Silber- und Kupfersalze.

Schwefelsäure löst mit gelber Farbe.

Die Zusammensetzung entspricht einer Biacetyl-Quercetinsäure.

0·2379 Grm. Substanz gaben 0·5134 Grm. Kohlens. und 0·086 Grm. Wasser.

$$\underbrace{C_{17} \overset{2\,C_2H_3O}{H_{10}} O_8}$$

	Berechnet		Gefunden
C	— 58·87	—	58·86
H	— 3·73	—	4·01

Die Mutterlaugen, aus denen die Verbindung krystallisirt war, gaben mit Eisenchlorid jene grüne Reaction, die das Daphnetin charakterisirt, sehr intensiv.

Es ist darum nicht unmöglich, dass doch eine, wenigstens isomere Verbindung in kleiner Menge gebildet wurde. Sie zu isoliren, gelang nicht, und eine Wiederholung des Versuches verbot die beschränkte Menge Material.

Der weisse, flockige Niederschlag, den Wasser in diesen Mutterlaugen erzeugt, trocknet zu einem beim Reiben elektrisch werdenden Pulver ein.

Voraussichtlich ist er, falls zwei Verbindungen gebildet wurden, ein Gemisch beider. Er wurde nur analysirt, um durch die Zahlen zu erfahren, ob diese Vermuthung gegründet sei.

In der That kamen diese einer Monoacetyl-Quercetinsäure (oder dem isomeren Daphnetin) sehr nahe.

0·2384 Grm. Subst. gaben 0·5165 Grm. Kohlens. und 0·084 Grm. Wasser.

In 100 Theilen: C 59·08; H 3·91. Zwenger fand im Mittel: C 59·17; H 3·81.

Die acetylirten Producte der Quercetinsäure zersetzen sich in der Hitze unter Essigsäurebildung.

Löst man Quercetinsäure und Harnstoff zusammen in Wasser auf, so erhält man bei einem gewissen Verhältniss der Bestandtheile

eine Verbindung beider Körper, während bei einem Überschuss von Harnstoff sich beim Stehen in der gelblichen Flüssigkeit allmählich ein gelbes pulveriges Zersetzungsproduct bildet.

Die erstere Harnstoffverbindung wäre vielleicht geeignet, zur Entscheidung über das Äquivalent der Quercetinsäure beizutragen; und ich werde, sobald ich wieder Material besitze, ihre Verhältnisse zu ermitteln suchen.

Über die Einwirkung des Chlors auf den Amylalkohol.

Von **Dr. Ludwig Barth.**

Liesse sich aus dem Amylalkohol $\text{Є}_5\text{H}_{12}\text{Θ}$ durch Chlorung das Product $\text{Є}_5\text{H}_8\text{Cl}_2\text{Θ}$ darstellen, so wäre es möglich, dass durch Behandlung desselben mit einem basischen Oxyd nach der Gleichung

$$\text{Є}_5\text{H}_8\text{Cl}_2\text{Θ} + \text{M}_2\text{Θ} = \text{Є}_5\text{H}_8\text{Θ}_2 + \text{M}_2\text{Cl}_2$$

Angelicasäure entstünde, und es wäre damit ein Weg gefunden, allgemein aus der Reihe des Äthyls in die des Acryls zu gelangen.

Versuche, in dieser Richtung unternommen, bestätigten zwar diese Vermuthung nicht, führten aber doch zu einigen Thatsachen, die vielleicht der Mittheilung werth sind.

Über die Einwirkung des Chlors auf den Amylalkohol machte vor längerer Zeit schon Cahours die folgenden Angaben:

„Leitet man Chlorgas einige Stunden durch ungefähr 30 Grm. „Fuselöl, so erfolgt die Absorption anfangs unter Bildung von viel „Salzsäure, Bräunung und Erhitzung bis zum Kochen, so dass man „von aussen abkühlen muss; später langsam, und ist durch gelindes „Erwärmen zu unterstützen bis das Chlor nicht mehr einwirkt.“

„Das gebildete braune Öl wird wiederholt mit Wasser gewaschen, „welches kohlensaures Natron enthält, dann über Chlorcalcium „gestellt und 2 — 3 mal rectificirt.“

„So erhält man ein blassgelbes Öl, schwerer als Wasser, gegen „180° siedend, dessen Dunst beim Einathmen Husten erregt, und „welches erst geschmacklos ist, dann sehr scharf schmeckt.“

„Die frisch bereitete weingeistige Lösung fällt nicht die Silber„lösung, aber beim Stehen wird sie sauer und fällt das Silber.“

„Das „Chloramylal“ löst sich nicht in Wasser und alkoholischen „Flüssigkeiten, aber in Weingeist und Äther.“

		Berechnet		Gefunden
C_{10}	—	43·60	—	44·23
$Cl\ 1\frac{1}{2}$	—	38·59	—	38·38
$H\ 8\frac{1}{2}$	—	6·18	—	6·05
O_2	—	11·63	—	11·34

„Wahrscheinlich war die Wirkung des Chlors noch nicht voll- „ständig.“ (Cahours)[1].

Berücksichtigt man die Wirkung des Chlors auf den Äthylalkohol die eine sehr complicirte ist, in Folge deren Chloräthyl, Aldehyd, Essigäther, Chloral u. s. w. gebildet werden, eine Wirkung, die zudem noch ein geringer Wassergehalt in der Art und Menge der Producte abändern kann, so ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass die Reaction beim Amylalkohol so einfach verlaufe, wie sie durch das Product von Cahours (angenommen es wäre im reinen Zustande $C_5H_8Cl_2O$) angedeutet zu werden scheint.

In der That liess sich nicht beobachten, dass sich der Process der Chlorung bei der Bildung dieses Productes irgend wie charakteristisch abgrenzte, so dass man ein Stadium angeben und festhalten könnte, wo die Chlorung vornehmlich diesen Erfolg gehabt hätte; im Gegentheile verlauft sie so wenig unterschieden, dass es kaum gelingt, die Zwischenglieder rein abzuscheiden. Eher haben noch die Endglieder einige Constanz der Zusammensetzung.

Der Verlauf der Erscheinung, als genau nach Cahours' Angaben verfahren wurde, war folgender:

Die Flüssigkeit wurde zuerst gelb, entfärbte sich aber bald darauf wieder, und unter fortwährender Salzsäureentwickelung destillirte in eine angebrachte gekühlte Vorlage eine dünne gelbliche Flüssigkeit, die, nach der später damit vorgenommenen Reinigung, die Eigenschaften des Amylchlorürs zeigte.

Die Temperatur der Flüssigkeit stieg bis 85° C., wo sie lange Zeit constant blieb. Besonders in dieser Periode hatte die Bildung von Chloramyl Statt. Sie erreichte später 90°.

Nach etwa $^3/_4$ Stunden des Einleitens wurde die Flüssigkeit trübe, wie es schien, von gebildetem Wasser; ihr Volum, das sich anfangs vergrössert hatte, nahm wieder ab und sie wurde wieder gelb gefärbt.

Nach etwa $1^1/_2$ Stunde war die Temperatur auf 40° gesunken.

---

[1]) Gmelin's Handbuch V, S. 571.

Von dort an wurde das Gefäss in ein Wasserbad gebracht und das Wasser allmählich bis nahe zum Sieden erhitzt. Die Flüssigkeit färbte und entfärbte sich im Laufe der Operation noch einmal.

Nach 3 Stunden wurde das Einleiten unterbrochen, und das Product nun so gereinigt, wie Cahours es that. Bei dem Rectificiren der mit Soda gewaschenen und dann getrockneten Flüssigkeit entwich wieder Salzsäure, und die Temperatur stieg höher als 200°.

Die Partie, die zwischen 180—200° destillirte, wurde analysirt. Sie hatte einen gewürzhaften, dabei etwas stechenden Geruch, und röthete das Lackmus.

0·311 Grm. Substanz gaben 0·555 Grm. Kohlens. und 0·210 Grm. Wasser.
0·3159 „ „ „ 0·424 „ Chlorsilber.

Das Öl mag in reinem Zustande der Formel $Є_5 H_9 Cl Ɵ$ entsprechen:

	Berechnet		Gefunden
C	49·79	—	48·67
H	7·46	—	7·50
Cl	29·46	—	33·10

Die Chlorung war also weniger weit gegangen als bei dem Versuche von Cahours, dessen Zahlen ungefähr sich durch

$Є_5 H_{8·5} Cl_{1·5} Ɵ$, oder vielleicht $\begin{cases} Є_5H_8Cl_2Ɵ \\ Є_5H_9ClƟ \end{cases}$ ausdrücken lassen.

Setzt man aber, wie es hierauf geschah, die Chlorung weiter fort, so ist es bei dem Mangel jeder charakteristischen Erscheinung und der immer gleichen Salzsäureentwickelung mehr oder minder zufällig, wenn man ein Product von constanter Zusammensetzung erhält.

So wurde noch das Product einer 7stündigen Chlorung in der angegebenen Weise hergestellt, eben so das einer 12stündigen.

Es ist zu erwähnen, dass, je länger die Substanz gechlort ist, sie bei dem nachherigen Destilliren unter heftiger Salzsäureentwickelung eine um so kleinere Ausbeute an Rectificat liefert, während sich der Rückstand in der Retorte immer mehr zersetzt und schwarz und kohlig wird.

Wenn, wie es wahrscheinlich ist, man es hier mit Gemischen zu thun hat, so ist es schwer, diese durch Destillation zu trennen. Das Sieden beginnt oft schon unter 100°, und die Temperatur steigt, ohne constant zu werden, bis gegen 250°. Bei jeder Rectification entweicht Salzsäure und bleibt ein schwarzer, kohliger Rückstand in der Retorte.

Der Geruch dieser Öle verändert sich nach der Dauer der Chlorung: anfangs eigenthümlich aromatisch, wie er manchen Amylverbindungen eigen ist, wird er in den höher gechlorten Producten terpentinartig.

Da inzwischen der Körper $C_5H_8Cl_2O$ in diesen Gemischen doch wohl einen wesentlichen Bestandtheil ausmachen konnte, so wurde versucht, die Überführung desselben in $C_5H_8O_2$ in der eingangs angedeuteten Weise zu bewerkstelligen, in der Hoffnung, dass, fände sich Angelicasäure unter den Zersetzungsproducten, sie sich durch ihre Krystallisationsfähigkeit und die Eigenschaften ihrer Salze würde erkennen lassen.

Das verwendete Öl war das Product einer 7 — 8stündigen Chlorung und hatte folgende Zusammensetzung:

0·3884 Grm. Substanz gaben 0·530 Grm. Kohlensäure und 0·193 Grm. Wasser.
0·2074 „ „ „ 0·417 „ Chlorsilber.

	In 100 Theilen
C	37·22
H	5·52
Cl	49·73

es bestand demnach wohl zum grössten Theile aus $C_5H_8Cl_2O$, denn dieses verlangt

C	38·71
H	5·16
Cl	45·80

Als dieses Öl in eine concentrirte alkoholische Kalilösung eingetröpfelt wurde, zersetzte es sich unter starker Erhitzung und sofortiger Ausscheidung von Chlorkalium.

Nachdem ein Überschuss von Kali hinzugethan, und noch eine Zeit lang in der Hitze digerirt war, wurde die braun gewordene Flüssigkeit von dem Chlorkalium getrennt und der Alkohol abgezogen [1]). Der Rest wurde mit Wasser vermischt und mit Schwefelsäure gesättigt. Von einer kleinen Menge eines ausgeschiedenen, etwas gefärbten noch chlorhaltigen und der Zersetzung entgangenen Öles wurde abgegossen und wieder destillirt.

Das Destillat hatte einen Mischgeruch, der zugleich an Amylverbindungen und an Fettsäure erinnerte, und reagirte stark sauer. Es enthielt niemals (die Operation wurde mehrmals ausgeführt) Krystalle.

[1]) Dieses alkoholische Destillat trübte sich mit Wasser milchig, allein es war nicht möglich, so viel davon zu sammeln, dass es hätte untersucht werden können.

Es wurde nochmals mit kohlensaurem Natron gesättigt, die Lösung eingedampft, wobei sich die kleine Menge des nicht sauren Öls verflüchtigte, dann wieder mit Schwefelsäure zersetzt und nochmals destillirt.

Auch dieses concentrirte Destillat enthielt keine Krystalle und besass weniger einen aromatischen, als einen schweissartigen Geruch. — Als es in der Wärme mit frisch gefälltem Silberoxyd bis zum Verschwinden der Reaction gesättigt und heiss filtrirt war, fiel sogleich eine flockige Krystallisation eines Silbersalzes heraus, die aber so schnell sich schwärzte, dass die Gegenwart einer Spur eines aldehydartigen Körpers hätte vermuthet werden können.

Sie musste nach dem Abtropfen umkrystallisirt werden, um den reducirten Antheil Silber zu entfernen. Hierauf erschien das Salz weiss, und wurde am Licht und beim Trocknen nur unbedeutend gefärbt.

Der Analyse nach konnte es nur valeriansaures Silberoxyd sein, dessen übrige Eigenschaften es auch zeigte:

0·2283 Grm. Subst. gaben 0·2421 Grm. Kohlens. und 0·0917 Grm. Wasser.
0·2364 „ „ „ 0·122 „ Silber.
0·4601 „ „ „ 0·2376 „ „

	$C_5H_9AgO_2$	Gefunden	
C	— 28·71	— 28·92	— „
H	— 4·31	— 4·46	— „
Ag	— 51·67	— 51·61	— 51·64

Nicht so leicht rein zu erhalten war das Barytsalz; die mit kohlensaurem Baryt gesättigte Lösung der freien Säure gab zuletzt dickliche Laugen, in denen sich allerdings Krystalle bildeten, die aber von der Mutterlauge kaum zu trennen waren.

Da von den angelicasauren Salzen der alkalischen Erden angegeben ist, dass sie sehr zerfliesslich und schwer zu krystallisiren sind, da zudem ihre Zusammnesetzung der der valeriansauren ziemlich nahe kommt, so blieb als Erkennungsmerkmal noch die Krystallisationsfähigkeit der einen, und der ölige Zustand der andern Säure.

Concentrirte Lösungen der Salze mit einer passenden Säure zersetzt, lieferten aber allemal nur ein Öl von den Eigenschaften der Valeriansäure. Niemals wurden, auch in der Kälte oder beim freiwilligen Verdunsten, Krystalle bemerkt.

Ergibt sich zunächst aus diesen Versuchen, dass durch die Einwirkung des Chlors auf den Amylalkohol hauptsächlich Producte

gebildet werden, die nicht von dem mechanischen Typus C_5H_{14}, dem der Amylalkohol selber angehört, sondern solche, die von C_5H_{12} stammen, wie

$$C_5H_9ClO$$
$$C_5H_{8.5}Cl_{1.5}O$$
$$C_5H_8Cl_2O$$

und dass dieses letztere (dessen Entstehung die Gleichung:

$$2\ C_5H_{12}O + 6\ Cl = C_5H_8Cl_2O + C_5H_{11}Cl + 3\ HCl + H_2O$$

ausdrückt) nicht durch eine einfache Substitution von Chlor durch Sauerstoff in Angelicäsäure überführbar ist, so konnte es noch Interesse haben, das Product der weiteren Chlorung zu untersuchen.

Es hat sich gezeigt, dass, um die Einwirkung des Chlors bis zum Aufhören der Salzsäureentwickelung fortzusetzen, bei Anwendung einiger Unzen Amylalkohol eine 8 — 10tägige Behandlung nöthig ist. Die Reaction wurde dabei durch Erwärmen im Wasserbade befördert. (Nachdem die Chlorung einige Tage gedauert hatte, wurden im Halse der aufrechtstehenden Retorte Krystalle bemerkt, die aber ihrer kleinen Menge wegen nicht gesammelt werden konnten und später wieder verschwanden.)

Das Product war endlich syrupdick geworden, klar, schwach gelblich, und nachdem es einige Wochen unter der Luftpumpe über Kalk gestanden war, von kampferähnlichem Geruch und brennendem Geschmack.

Eine andere Partie, die statt in eine Retorte, in einen grossen Ballon gebracht worden war, und darin, dem Licht ausgesetzt, so lange mit erneuerten Chlormengen behandelt wurde, als sich diese noch in Salzsäure verwandelten, war, obwohl stets getrocknetes Chlor angewendet worden war, trübe geworden von gebildetem Wasser, eine in der Kälte zähe salbenartige Masse, von Geruch der vorigen. Die sehr lange in dünnen Schichten über Kalk im Vacuo getrocknete und von anhängender Salzsäure befreite Substanz gab bei der Analyse:

0·555 Grm. Subst. gaben 0·500 Grm. Kohlens. und 0·128 Grm. Wasser.
0·337 „ „ „ 0·958 „ Chlorsilber.
0·573 „ „ „ 1·6145 „ „ (von anderer Bereitung).
0·4533 „ „ „ 1·3186 „ „ (dritte Bereitung).

In 100 Theilen:

C	— 24·57			
H	— 2·56			
Cl	— 70·32	— 69·70	— 71·96	

Die Substanzen enthielten also noch eine kleine Menge Sauerstoff. Auf eine weitere Reinigung derselben musste bei ihrer physikalischen Beschaffenheit verzichtet werden. Allein die Zahlen nähern sich doch der in diesem Falle sehr wahrscheinlichen Formel $C_5H_7Cl_5$:

	Berechnet		Gefunden		
C	24·39	—	24·57		
H	2·86	—	2·56		
Cl	72·59	—	70·32	—	71·96

und es ist kaum zu zweifeln, dass der Körper ein intermediäres Glied unter den Chlorsubstitutionsproducten des Amylchlorürs darstellt.

Bauer hat kürzlich durch Chlorung des Amylhydrürs ein anderes Glied dieser Reihe von der Formel $C_5H_8Cl_4$ erhalten [1]).

Schon vordem kannte man das achtfach gechlorte Product und diesen beiden ist das hier erhaltene seinen Eigenschaften nach auch sehr ähnlich.

So hat man demnach:

$$C_5H_{11}Cl$$
$$C_5H_8Cl_4$$
$$C_5H_7Cl_5$$
$$C_5H_3Cl_9$$

Diese Reihe noch weiter bis zum Endglied C_5Cl_{12} zu ergänzen, lag vorläufig nicht im Plane dieser Versuche; es ist aber nach dem Mitgetheilten nicht zu zweifeln, dass die Chlorung des Amylalkohols zu denselben Körpern führt, wie die des Amylhydrürs oder Amylchlorürs. Man kann einen weiteren Beweis für die Natur des eben beschriebenen Körpers in einem Zersetzungsproduct finden, welches er parallel mit dem von Bauer aus $C_5H_8Cl_4$ durch Zersetzung mit Kalihydrat erhaltenen $C_5H_7Cl_3$ liefert.

Unterwirft man den Körper $C_5H_7Cl_5$ der Destillation mit einem Überschuss von Kalk, so erhält man, während eine gewisse Menge uncondensirbarer Gase entweicht und sich der Inhalt der Retorte etwas schwärzt, ein dünnflüssiges, zunächst bräunlich gefärbtes Öl von aromatischem, an Terpentinöl erinnerndem Geruch, welches wiederholt über Kalk rectificirt farblos wird, und nach dem Trocknen über Chlorcalcium erst über 200° siedet.

[1]) Compt. rend. LI, 572.

Es hat einen anfangs brennenden, dann anhaltend süssen Geschmack, wird beim längern Stehen allmählich dunkler, sauer reagirend, und riecht dann etwas nach Salzsäure. Es lässt sich mit Kalium nur theilweise entchloren, und wird dabei braun und harzig.

I. 0·3581 Grm. Subst. gaben 0·384 Grm. Kohlens. und 0·102 Grm. Wasser.
II. 0·3648 „ „ „ 0·391 „ „ „ 0·0998 „ „
III. 0·3652 „ „ „ 1·013 „ Chlorsilber.

Die Formel $Є_5H_6Cl_4$ verlangt:

	Berechnet	I.	II.	III.
C	28·84	29·24	29·23	„
H	2·88	3·16	3·03	„
Cl	68·28	„	„	68·62

Eine Bestimmung der Dampfdichte ergab:

Temperatur der Luft 16° C.
Barometerstand 706 Millim.
Temperatur des Bades beim Zuschmelzen 243° C.
Gewichtszunahme des Ballons 0·9705 Gr.
Capacität des Ballons 280 CC.
Rückständige Luft nach dem Eindringen des Quecksilbers 12CC.

$Є_5H_6Cl_4$ Berechnet	Gefunden
7·19	7·12

Demnach hätte man die Reactionen:

$$Є_5H_8Cl_4 + KHΘ = Є_5H_7Cl_3 + KCl + H_2Θ \text{ (Bauer).}$$
$$Є_5H_7Cl_5 + CaHΘ = Є_5H_6Cl_4 + CaCl + H_2Θ$$

Inzwischen ist der letztere Ausdruck nur ein ungefährer, und die Zersetzung verlauft gewiss nicht so einfach. Es entweicht viel uncondensirbares Gas, die Masse schwärzt sich von ausgeschiedener Kohle, und die Ausbeute an Destillat ist verhältnissmässig klein.

Es könnte sich der Vorgang so gestalten:

$$2\ Є_5H_7Cl_5 = Є_5H_6Cl_4 + ЄH_2 + 6\ HCl + 4\ Є$$

Für die Bildung von $Є_5H_7Cl_5$ aus dem Amylalkohol liesse sich mit Übergehung der einzelnen Phasen, die der Process hat, annehmen:

$$Є_5H_{12}Θ + 8\ Cl = Є_5H_7Cl_5 + 3\ HCl + H_2Θ.$$

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden Ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.



SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND. IV. HEFT.

Jahrgang 1861. — April.

(Mit 6 Tafeln.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1861.

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

X. SITZUNG VOM 11. APRIL 1861.

Der Secretär liest eine Zuschrift Sr. Excellenz, des Herrn Curator-Stellvertreters, vom 5. April l. J., Z. $\frac{1978\ \mathrm{I}}{\mathrm{St.\ M.}}$, der zufolge die königlich niederländische Regierung das von der Akademie herausgegebene Archiv für Kunde österreichischer Geschichtsquellen so wie die Sitzungsberichte der phil.-hist. und der mathem.-naturw. Classe zu erhalten wünscht.

Derselbe legt ferner eine Abhandlung des Herrn Regierungsrathes Dr. A. Pleischl vor: „Über verschiedene Legirungen des Zinnes mit Blei, und insbesondere über die Auflöslichkeit des Bleies durch Essigsäure aus dem mit Blei versetzten Zinne".

Herr Dr. Diesing legt eine Abhandlung: „Kleine helminthologische Mittheilungen" vor.

Herr Dr. A. Boué liest eine Abhandlung: „Über die Karst- und Trichter-Plastik im Allgemeinen".

Herr Dr. E. Reitlinger, Assistent am k. k. physikalischen Institute, überreicht eine Abhandlung: „Erläuterungen über Lichtenberg'sche Figuren". Die bezüglichen Versuche wurden im k. k. physikalischen Institute angestellt.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, Regia, di scienze, lettere ed arti in Modena, Programma pel concorso ai premii d'onore dell'anno 1861. Modena, 1861; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin, Monatsbericht. December 1860. Berlin, 1861; 8°.

Annales des mines, 5e série. Tome XVII, 3e livraison de 1860; et Tome XVIII, 4e livraison de 1860. Paris, 1860; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1301 und 1302. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, Nr. XII — XIV. Wien, 1861; 8°.

Bauzeitung, Allgemeine, XXVI. Jahrgang, 2. & 3. Heft sammt Atlas. Wien, 1861; Folio und 4°.

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 11e— 14e Livraison. Paris, 1861; 8°.

Cybulz, G., Anwendung der Plastik beim Unterricht im Terrainzeichnen. 2. vermehrte u. verbesserte Auflage. Leipzig, 1861; 8°.

Gazette médicale d'Orient, IVe An., Nr. 12. Constantinople, 1861; 4°.

Gewerbe-Verein, nieder-österreichischer, Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1860. 9. und 10. Heft. Wien, 1861; 8°.

Istituto, I. R., Veneto di scienze, lettere ed arti, Atti. Serie 3^a, tomo 6°, disp. 4^a. Venezia, 1860—61; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 10 & 11. Wien, 1861; kl. 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1861, Heft III nebst Ergänzungsheft Nr. 4. Gotha, 1861; 4°.

Omboni, Giovanni, Cenni sulla carta geologica della Lombardia. Milano, 1861; 8°.

Radcliffe Catalogue, The, —, of 6317 Stars, chiefly circumpolar, reduced to the Epoch 1845.0; formed from the observations made at the Radcliffe Observatory under the superintendence of Manuel John Johnson. With introduction by the rev. Robert Main. Oxford, 1860; 8°.

Society, Asiatic, of Bengal, Journal of the, — Nr. CCLXXVIII. Nr. 3, 1860. Calcutta, 1860; 8°.

— chemical, The quarterly Journal of the, — Vol. XIII. 4. Nr. LII, London, 1861; 8°.

— Royal, Proceedings of the, — Vol. X, Nr. 41 & 42. London, 1860; 8°.

— Royal, Geographical, The Journal of the, — Vol. XXX. London, 1860; 8°.

Weinland, D. F., Der Zoologische Garten. II. Jahrgang, Nr. 1—6. Frankfurt a. M., 1860—61; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XI. Jahrgang, Nr. 12—14. Wien, 1861; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, X. Jahrgang, Nr. 11 & 12. Gratz, 1861; 4°.

Zeitschrift für Photographie und Stereoskopie, herausgegeben und redigirt von K. J. Kreutzer. II. Jahrgang, Nr. 6 & 7. Wien, 1861; gr. 8°.

Beiträge zur Physiologie der Pflanzen.

Von dem w. M. Prof. Dr. F. Unger.

(Mit 4 Tafeln.)

(Als Fortsetzung der gleichnamigen Beiträge. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch. math.-nat. Cl. Bd. XXV. S. 441.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Februar 1861.)

VII. Über den anatomischen Bau des Moosstammes.

Taf. I—IV.

Bisher ist der Moosstamm noch nicht der Gegenstand specieller anatomischer Betrachtung gewesen, obgleich er seiner Einfachheit wegen, sowohl was seine elementare Zusammensetzung als was sein Wachsthum betrifft, füglich als Ausgangspunkt aller vegetabilischen Stammbildung angesehen werden kann.

In Schimper's musterhaftem und unübertrefflichem Mooswerke (*Bryologia europaea s. genera muscorum europaeorum monographice illustrata* Bd. I—VII. 4°. 1836—1855), das ausschliesslich nur der systematischen Kenntniss dieses Bereiches der Gewächse gewidmet ist, lag es zu entfernt, in Fragen über anatomische Unterschiede im Baue des Moosstammes einzugehen. Mit mehr Nachdruck ist dieser Punkt allerdings in dessen Monographie der Torfmoose (*Sphagnum*) behandelt worden, doch bieten die verschiedenen Arten dieser Gattung begreiflicher Weise zu geringe Unterschiede, um daraus die Verschiedenheiten zu entnehmen, die der Moosstamm im Allgemeinen erfährt.

Diesem Mangel abzuhelfen habe ich in den nachfolgenden Blättern versucht, wobei ich freilich bemerken muss, dass mir für meine Untersuchungen nur ein beschränktes Material zu Gebote stand, welches aber dennoch, wie ich glaube, genügen dürfte, um die hauptsächlichsten Formen der Construction zu ermitteln. Möge

daher diese kleine Arbeit so viel Werth haben, um als Anknüpfungspunkt für weitere und umfassendere Forschungen auf diesem Felde zu dienen. —

Der Moosstamm ist durch seine geringe aber gleichmässige Dicke, die sich von der Basis bis zum Gipfel erstreckt und nur in seltenen Fällen die Dicke eines gewöhnlichen Bindfadens erreicht, vor allen Stämmen der stammbildenden Pflanzen auszeichnet. Bei dieser Zartheit ist seine derbe, feste und sogar zähe Beschaffenheit um so auffallender, da fadendünne Stengel anderer Pflanzen im Gegentheile sehr zart und verletzbar sind. Diese den Moosen eigenthümliche Beschaffenheit des Stammes kann nur in der Beschaffenheit der Elementarorgane und deren Zusammenfügung liegen.

Ein anderes, den Moosstamm gleichfalls charakterisirendes Merkmal liegt in der Unzerstörbarkeit des Lebens selbst bei längerer Entziehung des nothwendigsten Vehikels der Ernährung, nämlich der Feuchtigkeit in Folge anhaltender Dürre. Während alle anderen stammbildenden Pflanzen unter solchen Umständen für immer zu Grunde gehen, erleidet der Moosstamm mit seinen Anhangsorganen keine merkliche Beeinträchtigung. Er wird durch Entziehung der Feuchtigkeit nur in einen Schlummerzustand versetzt, aus dem er allsogleich wieder erwacht, sobald er von dieser wieder umgeben wird. Er nimmt das Wasser sowohl im flüssigen als im dunstförmigen Zustande durch seine ganze Oberfläche (die Blätter mitgerechnet) auf, und die sistirten Wachsthumsvorgänge heben von Neuem an ihre Umwandlungs- und Bildungsschritte so zu verfolgen, als wenn gar keine Unterbrechung stattgefunden hätte.

Auch dieses Reactionsvermögen des Moosstammes gegen die störenden Einwirkungen der klimatischen Vorgänge von aussen kann gleichfalls nur in der Beschaffenheit der Elemente und in der Art ihrer Zusammensetzung zu einem einheitlichen Ganzen gesucht werden, und es müssen dieselben vor den Elementen der höheren Pflanzen sich durch ihr hygroskopisches Vermögen ganz besonders auszeichnen. Das Zellgewebe der Moosstämme und ihrer Anhänge wird unter bestimmten Temperatursverhältnissen und Dunstmenge der Luft sicherlich auch einen namhaften Theil seiner Zellfeuchtigkeit verlieren, es muss jedoch jedenfalls immer so viel von derselben selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen zurückbehalten werden, dass zwar ein Stillstand, keineswegs aber eine Aufhebung der

Thätigkeitsverhältnisse stattfindet. Dass hiefür die Beschaffenheit und der Bau der Zellwände am geeignetsten sind, liegt auf der Hand. Wir werden also auch in der Beschaffenheit der Zellenmembran des Moosstammes ein vorzügliches Unterscheidungsmerkmal zu suchen haben, wodurch sich dieser von den analogen Gebilden höherer Pflanzen unterscheidet.

Werfen wir, bevor wir in die Zusammensetzung des Baues des Moosstammes eingehen, vorerst einen Blick auf die Verschiedenheiten, welche derselbe der äussern Form nach in den verschiedenen Arten und Geschlechtern der Moose einnimmt.

Die Hauptverschiedenheiten, welche der Moosstamm in dieser Beziehung zeigt, beruhen lediglich auf den verschiedenen Wachsthumsformen. Entweder nimmt derselbe continuirlich in der Länge zu bei gleichzeitiger Bildung von Seitensprossen, oder die Hauptaxe schliesst nach kurzer Erstreckung mit der Frucht ab, und die Verlängerung des Stammes ist allein durch Entstehung von secundären Axen bedingt, die unter der gipfelständigen Frucht hervorgehen. Jenes gibt die pleuro- und clado-carpischen, dieses die acro-carpischen Moose, Unterschiede, welche im ganzen Bereiche dieser Pflanzen als die durchgreifendsten erscheinen.

Während im ersteren Falle der Moosstamm als unmittelbare Fortsetzung des Jahrestriebes erscheint, ist er im letzteren Falle das Resultat Jahr für Jahr sich erneuernder Axen höherer Ordnung. Aber auch hier erscheinen an den Hauptaxen mehr oder minder zahlreiche Seitenaxen, welche zur weiteren Verzweigung und somit zur Gestaltung des Stammes nicht wenig beitragen. In Bezug auf die Nebenaxen sind die wesentlichsten Unterschiede ohne Zweifel in der Lage und Bedeutung derselben zu suchen. Während ein Theil der Sprossen nur ein beschränktes Wachsthum hat, verlängern sich die anderen mehr oder weniger zu flagellenartigen Ausläufern, die bald oberirdisch verlaufen, bald in Form eines blattlosen Rhizoms den Hauptstamm seitlich fortsetzen und so die Veranlassung zur Bildung neuer Hauptaxen und dadurch zur Vervielfältigung geben. Dass hierdurch vorzüglich die Rasenbildung der Moose bedingt ist, will ich nur nebenher bemerken.

Wie der Moosstamm in allen Fällen von der ursprünglich erhaltenen Dicke nicht abgeht, so treten nichts desto weniger Veränderungen an ihm in Folge seines längern Bestandes, d. i. seines Altersein.

Verhältnissmässig nur wenige Moose vollenden in einem einzigen Vegetationscyklus ihr Dasein, sind annuell wie z. B. die Ephemereen, viele Phascaceen u. s. w. Der bei weitem grössere Theil ist perennirend, doch treten damit Wachsthumsbeschränkungen der mannigfaltigsten Art ein, während ein Theil derselben in ungehemmter Dauer fortzuwachsen vermag. Der alternde Moosstamm verliert zuerst durch Verwesung seine Blätter u. s. w., er wird mehr oder minder von unten her kahl, dafür erlangt er aber meist so viele Adventivwurzeln, dass er nicht nur gleich vielen Farnen wie mit einem Filze umkleidet erscheint, sondern dadurch auch mit seinen eigenen und fremden Axen zu einem nicht selten unentwirrbaren Rasen verwächst.

Bei dem stetigen Gipfelwachsthume des Moosstammes, dem kein Dickewachsthum wie bei den meisten anderen Pflanzen adnexirt ist, würde derselbe, wenn keine Hemmnisse äusserer und innerer Art entgegenträten, mit der Zeit eine solche Längenausdehnung erreichen, wie wir sie nur von wenigen Pflanzen kennen. Bei *Fontinalis antipyretica* L., wo mehrere günstige Umstände häufig zusammenwirken, erreicht der Stamm in der That schon nach 10—12 Jahren die Länge von 5—6 Fuss, und es ist nicht abzusehen, dass unter Fortdauer gleich günstiger Verhältnisse die Länge des Moosstammes sich auf mehrere Klafter zu erstrecken im Stande ist. Anders ist es in allen andern Fällen, wo die Elementartheile des unteren Stammtheiles durch Verdickung und Veränderung der Zellhäute, was nothwendig die endosmotischen Verhältnisse modificiren muss, bald nicht mehr wie früher zu fungiren vermögen und allmählich absterben. Ist aber der Tod dieses Theiles eingetreten und schreitet er, wie zu erwarten, allmählich in dem Maasse von unten nach aufwärts, als sich die Endtheile verlängern, so bedarf es nicht viel, die abgestorbenen Theile alsobald in den Zustand der Vermoderung überzuführen. Der knappe, enge Stand der Sprossen, ihre Verfilzung mit einander durch Adventivwurzeln und die dadurch bedingte längere Erhaltung der Feuchtigkeit, die jedoch andererseits wieder fördernd auf das Spitzenwachsthum einwirkt, bringen nach und nach alle Grade der Zersetzung des Moosstammes hervor, die mit dem Verlust der Biegsamkeit beginnt, in Sprödigkeit übergeht und endlich mit Mulmbildung schliesst. Der vegetirende Moospolster lebt, wenn er alt ist, stets auf seinen eigenen Exuvien und bereitet somit durch seine

Humification den Boden für die Aufnahme höher organisirter Gewächse vor. Es geht daraus hervor, dass in den bei weitem meisten Fällen der vegetirende Moosstamm eine bestimmte Länge fortwährend behauptet, und dass es eigentlich nur die Spitzen längst vergangener Individuen sind, die wir vor uns haben. Ja noch mehr, es wird klar, dass mit dem fortwährenden Absterben des Stammes von unten der Moosrasen mit seinen hunderten und tausenden neben einander liegenden Stämmchen füglich als die individualisirten Sprossen eines in desselben Mutterstammes angesehen werden muss. In der That ist es wohl nicht immer möglich, den unumstösslichen Beweis von dieser durch Alter und Feuchtigkeit bewirkten Trennung der Innovationen zu liefern, um so weniger, als sich die Moose auch noch auf andere Weise vervielfältigen. Indessen gibt es Umstände, welche auch bei sonst verwesenden Stämmen ihre Erhaltung ermöglichen, und in solchen Fällen ist die Rasenbildung nicht unschwer als ein Resultat successiver Sprossgenerationen zu erkennen, ich meine die Tuffbildung, worauf ich später noch speciell zurück zu kommen gedenke.

Gehen wir nun zur Untersuchung der Structur des Moosstammes über.

Wie bereits angegeben, erreicht der Moosstamm in keiner der bisher bekannten Arten eine namhafte Dicke, sondern ist überall fadendünn. Es wechselt jedoch die Mächtigkeit desselben sowohl in den verschiedenen Arten, als auch, wenngleich nicht beträchtlich in demselben Individuum nach der Höhe. Zu den zartesten Moosstämmen, welche demungeachtet eine nicht unbeträchtliche Länge erreichen, gehört der Surculus von *Amblystegium serpens* Br. eu. Sein Durchmesser beträgt 0‴041. Viele cleistocarpische und stegocarpische Moose sind noch zarter, so dass man für die zartesten Moose wohl einen Stammdurchmesser von 1/42—1/30‴ annehmen kann. Dagegen erreicht z. B. *Hylocomium triquetrum* Br. eu. einen Durchmesser von 0‴5, *Bryum latifolium* Br. eu. und *Hypnum filicinum* L. 0‴3, *Bartramia pomiformis* Hedw. und *Br. Halleriana* so wie *Racomitrium canescens* Brid. 0‴21, *Barbula ruralis* Hedw. 0‴20 und *Oncophorus glaucus* Br. eu. 0‴14; daher für alle stärkeren Stämme ein Durchmesser von 1/7—1/2‴ entfällt. Die grösste von mir bis jetzt gefundene Dicke von 0‴6 kommt einem neuholländischen Moose der *Dawsonia superba* Grew zu,

welches Herr Dr. Hochstätter von seiner Novarareise von daher mitbrachte.

Um zu erfahren, wie weit der scheinbar in allen seinen Theilen gleichdicke Stamm des Mooses dennoch Ungleichheiten besitze, habe ich von einigen lange und starke Stämme bildenden Moosen Querdurchschnitte von verschiedenen Höhen mit einander verglichen. Es stellte sich dadurch heraus, dass der Moosstamm in der That keineswegs in allen seinen Theilen dasselbe Mass behauptet, im Gegentheil zeigte es sich, dass derselbe in seinen unteren Theilen gewöhnlich dünner als in seinen oberen ist, und dass er sich am Ende konisch zuspitzt. So hat, um einige Beispiele anzuführen, der untere Theil eines ausgewachsenen Stammes von *Hylocomium triquetrum* 0‴45, der mittlere Theil 0‴50 und die ungefärbte Endknospe 0‴42 im Durchmesser. Das Gleiche ist der Fall bei *Bryum latifolium*. Die Stufenfolge der Stammdurchmesser geht von unten nach oben in folgender Weise: zu unterst = 0‴3, einen halben Zoll höher = 0‴35 und Eine Linie unter der äussersten Spitze = 0‴16. Eben so hat bei *Fontinalis antipyretica* der ältere Theil des Stammes 0‴175, der jüngere hingegen 0‴26 im Durchmesser.

Es hat diese Erscheinung, die wir auch beim Farnstamme wieder finden, seinen Grund in der Erstarkung, welche die Ausbildung während des Wachsthumes des Stammes erfährt.

Was nun den Bau dieses so zarten Stammes betrifft, so bemerken wir zuvörderst eine grosse Einfachheit, wie dies wohl nicht anders möglich ist, wo nur einerlei Elementarorgane dazu verwendet werden. Kein Moos besitzt Spiroiden; in allen Fällen sind es mehr oder weniger gestreckte dünn- oder dickwandige Zellen, welche den Stamm (und so auch die übrigen Theile) zusammensetzen. Nur in der Disposition, in der Anordnung ähnlicher Elementartheile zum Ganzen findet sich einige Verschiedenheit, die um so mehr Staunen erregt, weil darin Nachbildungen oder richtiger gesagt, Vorandeutungen des Stammbaues höherer Pflanzen ausgedrückt sind.

Wir unterscheiden in allen Moosstämmen und mögen sie noch so klein und unansehnlich sein, drei Theile: einen peripherischen oder Rindentheil, einen centralen Theil und einen zwischen beiden fallenden vermittelnden Körper, der in der Regel den grössten Antheil am Baue des Moosstammes nimmt, während der centrale

Theil häufig bis in's Unkenntliche verkümmert. Betrachtet man diesfalls z. B. *Dicranum scoparum* Hedw. oder *Webera nutans* Hedw. (Fig. 7 und 6, I) so fallen die sogenannten drei Theile leicht in die Augen. Bei beiden Moosen ist die Rinde durch eine Schichte enger dickwandiger Zellen ausgezeichnet, indess darauf viele Schichten weit dünnwandiger Zellen folgen, die sich wieder von den äusserst engen hier dünn- dort dickwandigen Zellen des Centrums unterscheiden. Bei *Anomodon viticulosus* Br. eu. und *Atrichum undulatum* Br. eu. (Fig. 8, I und 9, II) nimmt bei gleichbleibender Abstufung in den drei verschiedenen Stammtheilen die Rinde an Ausdehnung bedeutend zu. Dasselbe ist auch bei *Hylocomium triquetrum* Br. eu. und *Thamnium Alopecurum* Br. eu. der Fall.

Einen bei weitem merklicheren Unterschied bringt das bis zur Unkenntlichkeit gesteigerte Verkümmern des centralen Theiles hervor, wie dies bei *Amblystegium serpens* und *Amblystegium fluviatile* Br. eu., *Barbula ruralis* Hedw., *Hedwigia ciliata* Br. eu., *Gymnostomum curvirostrum* Hedw., *Fontinalis antipyretica* L. u. s. w. Fig. 21, 22, 24, 25, 26, 29, III hervor. Dass es eigentlich kein absolutes Fehlen dieses Theiles, sondern nur eine mangelhafte Ausbildung desselben ist, sehen wir aus der Entwickelungsgeschichte von *Hylocomium triquetrum*, wo in der Stammspitze (Fig. 15, II) gleichfalls dieser centrale Theil noch nicht abgeschieden erscheint, während er doch in den übrigen Stammtheilen deutlich entwickelt erscheint. Eben so ist der centrale Bündel in den stolonenartigen blattlosen Ausläufern von *Bryum roseum* auf ein Minimum reducirt und besteht nur aus etwa 20 — 30 Zellen, die sich übrigens auch von dem umliegenden Zellgewebe nicht scharf abgrenzen, während er doch im Stamme um mehr als das Zehnfache anwächst.

Nach diesen allgemeinen Andeutungen, aus denen hervorgeht, dass der Moosstamm nicht so einfach und gleichförmig gebaut ist, wie man ihn vermöge seiner geringen Mächtigkeit wohl beschaffen denken könnte, will ich zunächst zur Betrachtung der Zellenformen übergehen, durch welche diese Unterschiede des Baues zunächst bedingt werden. Hierüber kann uns nur jene Untersuchungsmethode genügenden Aufschluss geben, die eine vollständige allseitige Trennung der Elementartheile bewirkt, ohne dieselben in ihren Formen zu verletzen. Es geschieht dies hier am bequemsten durch Kochen mit Ätzkali, welches bei dem Moosstamme unter allen

Umständen im Stande ist, eine solche beabsichtete Trennung herbei zu führen.

Wir ersehen hieraus, dass die Elemente des Moosstammes im Ganzen nur einer und derselben Grundform angehören, dass aber sowohl durch die Abänderungen in den Dimensionen, im Ganzen so wie in den einzelnen Theilen als auch in der Beschaffenheit der Zellhäute alle die Unterschiede hervorgehen, die wir in der Structur des Moosstammes wahrnehmen.

Betrachten wir den Moosstamm von *Bryum latifolium* Br. e u., von dem Fig. 1, I den Querschnitt der Spitze darstellt. Man findet hier alle drei wesentlichen anatomischen Theile des Moosstammes auf das anschaulichste entwickelt. Wir haben *aa* einen aus mehreren Zellschichten bestehenden Rindenkörper aus dickwandigen Zellen, der allmählich in den mittlern Theil *bb* übergeht, welcher mediane Theil endlich scharf abgeschieden einen centralen gefässbündelartigen Körper einschliesst *d*. Aus der Analyse durch Ätzkali ergibt es sich, dass der Rindentheil aus dickwandigen kürzeren und längeren cylindrischen Zellen mit mehr oder weniger stumpfen oder in Spitzen ausgezogenen Endigungen besteht. Ich habe in der Fig. 1, I *aa* eine ganze Musterkarte solcher Rindenzellen beigefügt. Darauf folgt ein Zellgewebe mit bedeutend weiten Maschen; es wird von mehr dünnwandigen, gleichfalls cylindrischen aber verhältnissmässig kurzen und quer abgestutzten Zellen gebildet, aus deren Abstumpfung sich unregelmässige Spitzen erheben *bbb*. Die innerste Abtheilung dieses Mediankörpers, welche den Centraltheil unmittelbar berührt, wird zwar aus ähnlichen dünnwandigen und weiten Zellen gebildet, aber diese Zellen ändern von der cylindrischen Gestalt durch die Art der Zuspitzung noch mehr ab, so dass sie zuweilen eine ganz unregelmässige Form annehmen *ccc*.

Sehr auffallend von allen diesen Zellen verschieden sind die Zellen des Centralkörpers; sie sind auffallend in die Länge gestreckt, gehen aber über ein gewisses, im Ganzen sehr geringes Breite- und Tiefemass nicht hinaus und enden stumpf. Dabei ist ihre Membran sehr zart und beinahe ungefärbt, während bei allen übrigen Zellen das Gegentheil stattfindet.

Ganz ähnlich verhalten sich auch die Zellen des alternden Stammes von *Fontinalis antipyretica*, nur will es mich bedünken, dass hier die cylindrische Form noch mehr in die spindelförmige

überzugehen sucht. Von den genannten Beispielen weicht der Stamm von *Hedwigia ciliata* Br. e u. durch die ausserordentliche Dickwandigkeit der Zellen bedeutend ab, aber auch hier zeigen die Zellen nur Nuancen, welche von der Cylinderform durch die Spitzen der Endungen in die Spindelform übergehen (Fig. 25, III). Was hier besonders noch zu berücksichtigen ist, sind die Porencanäle, welche die Zellwand durchsetzen, sich aber in Bezug auf Stellung zu den Nachbarzellen ganz so verhalten, wie wir es in allen höher organisirten Pflanzen wahrnehmen.

Bei der mannigfaltigsten Gestaltung der Zellen des Moosstammes sollte man kaum vermuthen, dass dadurch ein vollkommen geschlossenes, ohne alle Intercellulargänge und Zwischenräume bestehender Gewebe hervorgehen könne, und doch ist es so. Es zeigt aber die nähere Untersuchung, dass die an einander grenzenden Zellen durch ihre Körperform und ihre Endtheile so neben einander und auf einander passen, als ob die Vorsprünge und Vertiefungen gleichsam nur für einander gemodelt worden wären. Auch ohne eingehende Untersuchungen in die Entwickelungsgeschichte dieser Zellen ist es nach dem, was ich bereits über die Entwickelung der Bastzellen in Erfahrung gebracht habe [1]), von selbst einleuchtend, dass die ursprüngliche Form aller dieser noch so disparaten Formen von Zellen die reine Cylinderform mit abgestumpften Enden ist, welche letztere sich erst nach und nach in Folge späteren Nachwuchses zu Spitzen und Zacken, so wie zu spindelförmigen Fortsätzen erheben.

Ist dies richtig, wie nicht zu bezweifeln steht, so geht daraus unwidersprechlich hervor, dass der Centraltheil des Moosstammes ein in seiner Entwickelung zurückgebliebenes Gewebe bildet, welches die ursprüngliche Zartheit behauptet und daher zur Saftleitung ganz vorzugsweise tauglich erscheint, während der übrige Theil des Stammes Veränderungen und einem frühen Altern unterworfen ist. Es wird also von dieser Seite her ganz wohl zu rechtfertigen sein, im Centraltheile ein dem Gefässbündel höherer Pflanze analoges Gebilde zu erkennen.

Dies gibt mir nun Gelegenheit, auf eine Stammesverschiedenheit der Moose überzugehen, die ich bisher noch bei keinem der

[1]) Einiges über das Wachsthum des Stammes und die Bildung der Bastzellen. Denkschriften der k. Akad. d. Wissensch. mathem.-naturw. Cl. Bd. XVI.

europäischen Moose gefunden habe, die sich aber ganz vorzüglich in der *Dawsonia superba* Grev. ausgebildet findet, welches aus Neuseeland stammt [1]).

Es findet sich hier nämlich der mittlere Stammtheil durch besondere kleine dunklere Parcellen, welche dem Centraltheile der Beschaffenheit nach ähnlich sind, ausgezeichnet. Auf dem Querschnitt des Stammes bei 40maliger Vergrösserung lassen sich diese Stellen sehr gut wahrnehmen (Fig. 30, III) und zugleich erkennen, dass sie eine bestimmte Lage gegen einander einnehmen. Die regelmässige Stellung in drei Spiralen, die mit den drei Streifen, in welchen die Blätter am Stamme angeordnet sind, im Zusammenhange stehen, so wie der Ursprung der innersten Parcellen aus dem Centralkörper, lassen keinem Zweifel Raum, dass man es hier mit gefässbündelartigen Strängen zu thun habe, die vom Centrum entspringend und bogenförmig durch den mittleren und Rindenkörper nach aussen tretend, endlich in die Blätter übergehen und deren Blattnerv bilden. Beifolgendes Schema mag zur Veranschaulichung dieses anatomischen Verhältnisses dienen. (Fig. 33, IV.)

Was nun die detaillirten anatomischen Verhältnisse betrifft, so sind auch diese von den übrigen Moosen etwas abweichend. Vor Allem ist es der centrale Theil, welcher Verschiedenheiten darbietet, indem derselbe nicht aus einerlei, sondern aus zwei verschiedenen Elementarorganen zusammengesetzt ist, nämlich aus weiten dickwandigen (Fig. 31, 32 *aa*, III) und engen dickwandigen, spindelförmigen Zellen (Fig. 31, 32 *cc*, III). Beide scheinen zwar in Bezug auf Bildung und Wachsthum unter einander und mit den übrigen Elementarorganen übereinzustimmen, doch lässt sich in den weiten dünnwandigen Zellen die zu Spiroiden anstrebende Natur nicht verkennen, während die sie begleitenden spindelförmigen Zellen den Holzzellen höherer Gewächse entsprechen. Hieraus geht für den centralen Theil der Gefässbündelnatur um so sicherer hervor, und wir haben allerdings wohlgethan, den centralen Theil der übrigen Moose damit zu vergleichen. Dass die von dem centralen Theile abtretenden und zu den Blättern verlaufenden Bündel nur aus einem Elemente, nämlich den spindelförmigen Zellen besteht, ändert an der Natur des Centralkörpers nichts.

---

[1]) Ann. and mag. of nat. hist. 1847, p. 226.

Diese seltsame Abweichung dieses exotischen Mooses verbreitet aber nicht nur ein neues Licht über die Bedeutung der hauptsächlichsten Theile des Moosstammes, sondern stellt zugleich einen merkwürdigen Übergang zu analogen Formen dar, die uns in der so streng abgegrenzten Reihe der Moose bisher zu fehlen schien. Wenn nun schon im Baue des Stammes sich solche Übergangseigenthümlichkeiten bemerkbar machen, so ist dies wohl auch von anderen Organen zu vermuthen, und dass es wenigstens ehedem, wenn auch nicht jetzt, solche Moose gegeben hat, die zu den Lycopodiaceen u. s. w. hinneigen, ist durch dieses Factum mehr als wahrscheinlich gemacht.

Fassen wir nun das über den Bau des Moosstammes bisher Vorgebrachte in Kürze zusammen, so ergibt es sich, das derselbe nach vier wesentlichen Unterschieden zerfällt, die sich auf folgende Weise charakterisiren lassen.

I. Der Stamm hat kein deutliches centrales Gefässbündel.

b) Mit einfacher Rinde.

Dahin gehören:

Barbula ruralis Hedw.
Amblystegium fluviatile Br. eu.
„ *serpens* Br. eu.
Hedwigia ciliata Br. eu.
Gymnostomum curvirostrum Hedw.
Fontinalis antipyretica L.
Racomitrium protensum A. Br.
„ *canescens* Brid.
Orthotrichum pumilum Schwägr.

a) Mit doppelter Rinde, wovon die äussere als Hüllrinde erscheint.

Sphagnum sp.

II. Der Stamm zeigt eine Andeutung eines Gefässbündels durch engere verdickte Zellen.

Hieher gehören:

Oncophorus glaucus Br. eu.
Dicranum scoparium Hedw.
Thamnium Alopecurum Br. eu.
Hylocomium triquetrum Br. eu.
Anomodon viticulosus Br. eu.
Atrichum undulatum Br. eu.

III. Ein deutlicher und scharf begrenzter Gefässbündel zeichnet den Stamm aus.

a) Die Zellen des Gefässbündels sind dünnwandig.

Hieher:

Bartramia Halleriana Hedw.
" *pomiformis* Hedw.
Webera nutans Hedw.
Bryum elongatum Dicks.
" *latifolium* Br. eu.
" *roseum* Br. eu.
Hypuum filicinum Sw.
Dicranum montanum Hedw.

b) Die Zellen sind dickwandig.

Polytrichum sp.

IV. Ein centrales Gefässbündel, von welchem Bündel dickwandiger Zellen nach den Blättern abgehen, charakterisirt den Stamm.

Dawsonia superba Grew.

Über das höchste Mass, welches die Moose in ihrer Entwicklung und Lebensdauer zu erreichen im Stande sind, können nur jene Zustände entscheiden, die die Erhaltung des von unten aufwärts absterbenden Stammes bewerkstelligen. Denn nur in diesem Falle ist man im Stande, die zusammengehörigen Theile eines und desselben naturhistorischen Individuums, die sonst einer nothwendigen Trennung Folge geben, zu erkennen.

In der Regel stirbt nicht nur jeder Moosstamm allmählich von unten nach aufwärts ab, sondern zerfällt dabei zugleich im Humus und wird dadurch in seiner Besonderheit unkenntlich. Nur bei dem im Wasser vegetirenden Moose geht sowohl das Absterben wie das Zersetzen bei weitem langsamer vor sich, indem die Bedingungen für das eine und das andere möglichst hintangehalten werden. Sind nun auch dieselben im Stande, unter günstigen Umständen ein ziemlich ansehnliches Alter zur Schau zu tragen, so geht das doch über eine gewisse Grenze nicht hinaus, während man zugeben muss, dass sie die Befähigung zu einer viel längeren Lebensdauer in sich tragen.

Wir wissen, dass zur Bildung des Torfes viele Moose beitragen, ja dass an der Bildung des sogenannten Moostorfes sich eine

gewisse Art der Moose *(Sphagnum)* ganz vorzüglich oder sogar ausschliesslich betheiligen. Da sich die Torfsubstanz fortwährend von unten nach aufwärts vermehrt, so sind es namentlich die unten absterbenden und in Huinverbindungen übergehenden Moosstämme, die das Anwachsen der Torfsubstanz bedingen und durch den Umstand, dass diese Moose aus ihren Spitzen sich verlängern und ungehindert fortwachsen, eine fortdauernde Quelle der Vermehrung der Torfsubstanz abgeben. Es ist also kein Zweifel, dass dasselbe Torfmoos, welches auf der Oberfläche des Torfmoores grünt, einen Antheil an der Bildung nicht nur der oberflächlichen, sondern auch der tieferen Schichten, ja selbst der untersten Schichten desselben hat, obgleich dies nicht aus dem materiellen Zusammenhange nachgewiesen werden kann.

Berücksichtiget man nun das langsame Zunehmen des Torfes, das geringe jährliche Wachsthum desselben, so ergibt sich mit ziemlich grosser Sicherheit, dass die Torfmoose *(Sphagna)* nicht blos überhaupt ein hohes Alter erreichen, sondern hierin vielleicht selbst die langlebigsten Pflanzen, selbst alte Bäume nicht ausgeschlossen, übertreffen.

Was bei den Torfmoosen jedoch mehr als gegründete Vermuthung denn als sicherer Nachweis ausgesprochen werden kann, ist bei anderen Moosen, die auf eine solche Weise vegetiren, dass ihr unterer Stammtheil statt zu verwesen, durch Incrustirung vom versetzenden Einflusse der Luft und des Wassers geschützt wird, vielleicht viel eher zu beglaubigen. Ich meine die tuffbildenden Moose.

Alle Tuffbildung, wobei Moose interveniren, geht von Quellen aus, welche mineralische Bestandtheile in grösserer oder geringerer Menge aufgelöst enthalten, und dieselben bei ihrem Abflusse zum Theil als Niederschlag absetzen. Doppelt kohlensaurer Kalk, der zu allermeist in Quellwasser enthalten ist, das aus Kalkgebirgen seinen Ursprung nimmt, ist besonders geneigt, einen Theil seiner Kohlensäure fahren zu lassen und dadurch den mit ihr verbundenen Kalk auszuscheiden. Alle Umstände, welche die gedachte Kohlensäure zu entwickeln im Stande sind, können als Ursache der Bildung des Niederschlages angesehen werden, der in grösserem Masse angehäuft, gewöhnlich eine poröse Masse darstellt und den Namen Tuff erhalten hat. Jede Vermehrung der Berührung des kalkhältigen

Quellwassers mit der Atmosphäre muss diesfalls zur Bildung des Niederschlages beitragen, und es gibt in der That keine Quelle der Art, welche nicht bei ihrem Abflusse eine grössere oder geringere Menge Kalktuff ablagert. Am wirksamsten erfolgt dies, wenn die kalkhältige Quelle sich über eine grössere Fläche auszubreiten genöthiget ist, oder in Form von feinen Äderchen über einen geneigten, unebenen Boden rieselt oder träufelt.

So wie es amphibische Pflanzen im Allgemeinen gibt, so finden sich auch unter den Moosen solche, welche amphibisch genannt zu werden verdienen; das sind solche Moose, welche Wasser von constanter Temperatur zu ihrer Existenz nothwendig bedürfen, ohne in demselben eingetaucht zu vegetiren. Sie wollen nun stets befeuchtet, dabei aber nicht von der Berührung der atmosphärischen Luft abgeschlossen sein. Für solche Moosnaturen ist der Rand der Gebirgsquellen der geeignetste Standort, und wir kennen unter den europäischen Moosen nicht wenige, die diesen Standort jedem anderen vorziehen.

Da alle diese Moose rasenbildend sind und durch ihre Stämme, Zweige und Blätter unzählige Unebenheiten und Spitzen bilden, mit denen das kalkhältige Wasser sofort in Berührung kommt, so ist es nicht anders möglich, als dass sich gerade an ihnen der Kalkniederschlag am leichtesten bildet, dabei die einzelnen Theile incrustirt und dieselben zuletzt in eine feste zusammenhängende Masse verwandelt. Hat eine Quelle einmal an ihren Rändern eine solche Einfassung erhalten, so hindert die fortschreitende Moosvegetation nichts, weiter nach einwärts zu dringen und nach einiger Zeit den ganzen Boden zu überkleiden, über den das Wasser hinweg rieselt und dabei seinen Kalk fort und fort abgibt. Mit einem Worte, es entsteht dadurch ein Lager von Kalktuff, dem die Moose nicht blos die erste Grundlage gegeben, sondern auch zu seiner ferneren Erhaltung wesentlich beitragen.

Es ist begreiflich, dass eine und dieselbe Moosvegetation bei der Langsamkeit, mit der die Tuffbildung erfolgt, auf eine lange Reihe von Jahren ungehindert fortleben, ja dass ein und dasselbe Individuum alle Phasen der Bildung eines solchen Tufflagers durchzumachen im Stande ist, indem die Bedingungen in der Unveränderlichkeit der Quellen, als unbeschränkt fortdauernde wirksam sind. Man braucht daher nur den jährlichen Zuwachs eines solchen Mooses

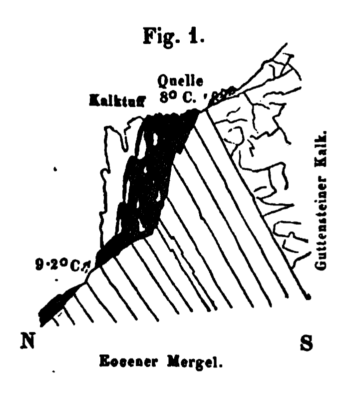
zu kennen, um aus der Grösse des Lagers auf das Alter sines solchen Individuums schliessen zu können, vorausgesetzt, dass dasselbe senkrecht in die Höhe wächst. Diesen Weg hat Herr Dr. Reichardt eingeschlagen, um daraus zu berechnen, wie hoch sich das Alter von *Gymnostomum curvinostrum*, das nach seiner Angabe ein Tufflager von 10—12 Klafter Höhe bildet, beläuft [1]. Da der Wachsthum dieses gipfelfrüchtigen Mooses nach den leicht wahrzunehmenden Innovationen etwa auf drei Linien einzuschlagen ist, so geht daraus für dieses Moos in diesem Tufflager ein Alter ven nahezu 3000 Jahre hervor. Ein günstiger Zufall hat mich nicht nur zu dem erwähnten Tufflager geführt, sondern mir zugleich Gelegenheit verschafft, auch noch mehrere andere ähnliche Lager in derselben Gegend zu untersuchen; die Resultate dieser Forschungen sollen hier ihren Platz finden. Jenes von Herrn Reichardt erwähnte Kalktufflager bei Neuhaus in Steiermark schon seit Langem zu technischen Zwecken benützt, befindet sich in einer Gebirgsschlucht am Abhange des Kosiakberges, 2 Stunden von dem Badeorte entfernt. Von dem den Badegästen wohlbekannten Wasserfalle bei Gutteneck, ist dieses Lager nicht ferne und zwar in gleicher Richtung derselben Gebirgsschlucht nur wenige hundert Fuss höher. Eine dahin führende Strasse lässt am Ende von dieser aus die ganze Höhe des Tufflagers überblicken, wovon der untere Theil grösstentheils durch Steinbrucharbeit bereits entfernt, und nur der obere Theil noch in seiner ursprünglichen malerischen Schönheit erhalten ist. Über eine durch unregelmässige Vertiefungen und Erhebungen mannigfaltig aufgethürmte Wand von gelbgrüner und braunrother Farbe ergiesst sich in zahlreichen Äderchen der weiter oben entspringende Quell. Es ist als ob der Fels mit einem grünen Sammttuche überkleidet wäre, über dem die weissen schäumenden Strahlen der Wässerchen bald träufelnd, bald rinnend und spritzend die Tiefe suchen. Kaum ahnet man, dass die Felsen bekleidende Moosvegetation und der sie nährende Quell nach und nach das ganze Gebilde des Tuffes aufgebaut habe. In der That aber bemerkt man, dass derselbe nichts anders als die erstarrten Mumienreste einer durch lange Zeit fortdauernden Moosvegetation ausmacht.

---

[1] Über das Alter der Laubmoose. Verhandl. d. zool. botanischen Gesellschaft. 1860.

Es ist, wie man sich leicht überzeugen kann, eine Mischung von mehreren Moosarten, die sowohl gegenwärtig den Fels zusammensetzen, als ihn in früheren Zeiten bilden halfen. Den grössten Antheil darunter nimmt unstreitig *Hypnum commutatum*, weniger häufig und von überfliessendem Wasser mehr verschonten Stellen (z. B. an den Rändern des Kalktuffs) erscheint *Gymnostomum curvirostrum*. Von beiden Moosen grünen die Spitzen der Stengel und Äste fortwährend, indess die unteren Theile nach und nach immer stärker incrustirt werden. Anfänglich lassen sich die einzelnen Stämmchen noch von einander trennen, zuletzt verwachsen sie zu einer mehr oder minder porösen Steinmasse, doch gelingt es durch Entfernung des kohlensauren Kalkes die unveränderte pflänzliche Structur noch auf weite Strecken nach abwärts zu verfolgen, ein Zeichen, dass dieselben durch Abschluss von der atmosphärischen Luft und Wasser ihren mumienartigen Zustand durch lange Zeit zu bewahren im Stande sind. Wie weit diese Veränderungen der auf solche Weise gebildeten Moostuffe durch fortwährende Überrieselung von kalkhältigem Wasser vor sich gehen, ist schwer aus oberflächlichen Anschauungen (ohne dass zugleich Steinbrucharbeiten vorgenommen werden) zu entnehmen, doch will mich bedünken, dass dieselben bis zur völligen Unkenntlichkeit der ursprünglichen vegetabilischen Unterlage fortschreiten können, wobei dann der Kalktuff ein mehr traubiges Ansehen gewinnt, dabei aber bald mehr bald weniger von Höhlungen durchzogen wird. In dem vorliegenden Kalktufflager ist der grösste Theil bereits entfernt worden, man sieht also nur mehr den hinteren höheren Theil. Die Lagerungsverhältnisse gibt beifolgender Holzschnitt, aus welchem ersichtlich ist, dass die kalkabscheidende Quelle gerade an der Grenze des Guttensteiner Kalkes und des eocenen Mergelschiefers entspringt, und sich daher der Tuff auf die eine schiefe Ebene bildenden Schichtenköpfe jenes Mergelschiefers abgesetzt hat. Die Quelle nimmt ihren Ursprung unter übereinander liegenden Steinblöcken, hat da 8° C., beim Abflusse am Grunde des Lagers 9·2° C. (8. August

Fig. 1.



1860) hat sich also trotz der Einwirkung der Sonne an der Oberfläche wenig erwärmt, was dahin deutet, dass ein grosser Theil des Wassers auf verborgenen Schleichwegen, die im Gesteine allenthalben übrig bleiben ohne erwärmt zu werden, über die 10 bis 12 Klafter hohe Wand herabgelangt. Der Mergelschiefer hat ein Streichen von Stunde 5—6 und ein widersinnisches Verflächen nach Norden mit 75°.

Wenn gleich dieses Kalktufflager durch die Steinbrucharbeiten schon viel von seiner ursprünglichen malerischen Schönheit verloren haben muss, so bleibt doch an der hinteren gelbgrünen und röthlichen Wand, die von tausend Silberfäden übersponnen ist, dennoch viel pitoreske Wirkung übrig.

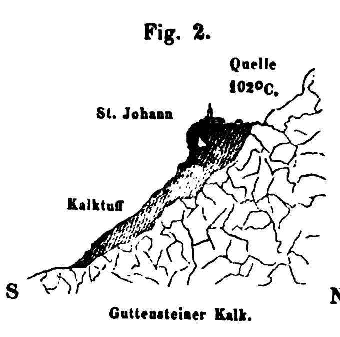
Herr Reichhardt hat geglaubt, aus der unendlich langsamen Vegetation des *Gymnostomum curvirostrum*, die jährlich durchschnittlich nur bei 3 Linien beträgt, das Lager auch nur zu 10 Klft. Mächtigkeit angenommen, den Anfang der Bildung desselben auf 2800 Jahre vor unserer Zeit zu stellen. Dagegen erheben sich aber mancherlei Bedenken, welche den Calcul unsicher machen, wenn gleich nicht zu bezweifeln ist, dass die Wachsthumsgesetze des Mooses auf eine solche Zeitdauer hinweisen.

Es setzt jedoch diese Rechnung voraus, erstens dass das ganze Lager aus *Gymnostomum curvirostrum* bestehe und dass sich dieses vom Grunde aus senkrecht bis auf 10 Klafter Länge verfolgen lasse, zweitens, dass die Continuität des Tuffes selbst weder durch fremde Zwischenlager noch durch Höhlenräume gestört sei. Keines von beiden ist aber in der That vorhanden, weder das *Gymnostomum curvirostrum* ist das ausschliessliche noch das vorwaltende Moos, noch weniger lässt sich dasselbe vom Grunde des Tuffes his an sein oberes Ende verfolgen, ja es ist sogar wahrscheinlich, dass die Aufeinanderfolge beider Moosgattungen, die zur Bildung des Tuffes beitragen, wenn auch nicht regelmässig abwechseln, doch durch allerlei Nebenumstände, besonders aber durch das raschere Wachsthum des einen Mooses (*Hypnum commutatum*) herbeigeführt wird. Nimmt man nun noch die vielen kleineren und grösseren Höhlungen, welche die Continuität des Tuffes unterbrechen und ein rascheres Zunehmen in die Dicke und dann auch in die Höhe herbeiführen, so müsste man von der aus dem Zuwachse das *Gymnostomum* entnommene Anzahl von Jahren sicher eine nicht unbeträcht-

liche Zahl von Jahren streichen, wenn man daraus auf das Alter der Tuffbildung schliessen wollte. Indess gibt der Umstand, dass sich das erwähnte Lager noch bedeutend weiter, als angenommen wurde, in die Tiefe erstreckt, demselben eine weit grössere Mächtigkeit und muss daher die Zeit seiner anfänglichen Bildung wohl auf ein viel weiteres Mass als auf 3000 Jahre ausdehnen.

Ein zweites, in mancher Beziehung noch viel merkwürdigeres Lager von Kalktuff findet sich westlich von Neuhaus, eine Stunde vom Badeorte entfernt, gleichfalls am Abhange des früher erwähnten Gebirgszuges. Das Lager hat nach seiner ganzen Ausdehnung, die sich weit über eine geneigte Fläche erstreckt, eine Höhe von 17° bei einer Breite von 28 Klafter und eben so viel in der Tiefe. Die Quelle, welche dasselbe hervorbrachte, strömt nun nicht mehr über dasselbe, sondern ist seitlich abgeleitet und hat statt Kalk abzusetzen, nunmehr die Bestimmung erhalten, Mühlen zu treiben. Dadurch ist das Tufflager trocken gelegt und keineswegs mehr in Zunahme begriffen. Unter der mächtigen Quelle, die mit einer Temperatur von 10°2 C. aus einer Kalkkluft entspringt, ist der Tuff künstlich geebnet und es sind mehrere Häuser und die Kirche St. Johann darauf gebaut. Dieser Umstand, dass eine Kirche mit einer kleinen Ansiedlung auf dem Tufflager stehen, macht eine Benutzung des Tuffes durch Gewinnung von Bausteinen nicht mehr möglich, doch die hierüber eingezogenen Nachrichten so wie der Augenschein deutete darauf hin, dass auch hier ein grosser Theil des Lagers, namentlich der untere Theil desselben, über den sich gegenwärtig Fruchtfelder ausbreiten, in früheren Zeiten fortgeschafft worden sei. Stücke davon finden sich nicht nur im Mauerwerk der Kirche und der Häuser von St. Johann selbst, sondern selbst auf der nicht ferne gelegenen Burgruine Schlangenburg. Erst im Jahre 1673 wurde die Kirche St. Johann darauf erbaut, also erst seit ungefähr 200 Jahren ist dieses Tufflager ohne weitere wesentliche Verkleinerung stehen geblieben.

Fig. 2.



Beifolgendes Profil (Fig. 2) stellt das Tufflager von St. Johann nach seiner gegenwärtigen Ausdehnung dar.

Auch in diesem Kalktuffe ist stellenweise noch das *Hypnum commutatum* Hedw. zu erkennen, welches einst an dieser Stelle vegetirte. Blätter von *Alnus incana*, Schalen von *Helix verticillus* Fer. und *Helix planospira* Lam. kommen untermischt vor, meist aber ist der Tuff so zu einer festen oder traubigen Masse angewachsen, dass man seine ursprünglichen incrustirten Bestandtheile nicht mehr kennt.

Hier also nach dem Alter der Moose und durch dieses nach der Bildungszeit des Tuffes zu forschen wäre vergebliche Mühe. Ich habe daher einen andern Weg eingeschlagen, nämlich aus dem durch die Quelle zugeführten Material und durch den Kubikinhalt des Lagers den zur Ausbildung desselben nöthigen Zeitraum zu ermitteln versucht.

Aber auch diesem standen nicht geringe Schwierigkeiten entgegen, so dass das Resultat der Untersuchung nur ein der Wahrheit sich annäherndes sein kann. Liess sich auch der Gehalt des Quellwassers an mineralischen Bestandtheilen mit Genauigkeit ermitteln, so konnte doch das Abflussquantum für eine gegebene Zeit aus Mangel an gehörigen Vorrichtungen nicht eben so sicher in Erfahrung gebracht werden. Auch das Volumen des Tufflagers nach seiner ganzen gegenwärtigen Ausdehnung ziffermässig zu eruiren, hat wegen der unbestimmten Grenzen und den vielen Höhlungen, welche den Tuff durchsetzen, seine grossen Hindernisse, abgesehen davon, dass das, was bereits von diesem Lager weggeschafft wurde, auch nicht annäherungsweise zu bestimmen ist. Zu allem dem kommt noch die Frage, wie viel von den Kalkbestandtheilen der Quelle auf dieser kurzen Strecke abgesetzt, wie viel im aufgelösten Zustande wieder weiter geführt wurde. Dass diese Grösse eine veränderliche sein muss, nach Jahres- und Tagszeit, nach der Art der Vertheilung des Wassers u. s. w. springt in die Augen.

Nach allem dem ist also auf das gewonnene Resultat vorläufig kein besonderes Gewicht zu legen, und ich führe es hauptsächlich nur desshalb an, um vielleicht später sicheres darüber mittheilen zu können.

Das Quellwasser wird gleich beim Ausflusse in einer Rinne aufgefangen, die es auf ein oberschächtiges Mühlrad leitet. Eine vorläufige Bestimmung, die jedoch keineswegs auf Genauigkeit Anspruch macht, gibt die Wassermenge für 1 Secunde auf 0·349277

Kub. Fuss. In Gewicht verwandelt, beträgt dies für den Tag über 953.243 Kilogr.

Die chemische Analyse des Wassers ermittelte in 973·5 Grm. Wasser 0·261 Grm. fester Bestandtheile, darunter 0·108 kohlensauren Kalk.

Würde sich bei dem Ausflusse auf der geringen Strecke von einigen 30 Klaftern aller Kalk als Tuff niederschlagen, so würde dies für den Tag 105·5 Kilogr. und für das Jahr 38.507 Kilogr. Absatz geben. Man kann aber füglich annehmen, dass selbst unter günstigen Umständen kaum der zehnte Theil davon wirklich niedergeschlagen wird. Gehen wir nun zur Volums- und Gewichtsbestimmung des Tufflagers selbst über.

Ein ziemlich poröses Stück Kalktuff von St. Johann von 198 Cent. Met. Kub. wog genau 100 Grm.

Nimmt man das Kalklager, wie es gegenwärtig noch vorhanden ist, zu 17 Klft. Höhe, 28 Klft. Breite und eben so viel Tiefe auf einer Neigung der Unterlage von 45° an, so beträgt das Gesammtgewicht desselben 22.961,720 Kilogr. und eine Division dieser Zahl durch den zehnten Theil des jährlichen Absatzes, d. i. 3850 gibt 5964 Jahre. Diese Zahl scheint mir als Bildungszeit dieses Tufflagers um so weniger zu gross, als der fortgeschaffte Theil des Tuffes nur in so weit in Rechnung gebracht wurde, als er den sonst unberücksichtigten Höhlenräumen gleich gesetzt wurde.

Eine Angabe des Ortspfarrers ist hier noch von Gewicht. Bei Besprechung dieses Gegenstandes bemerkte derselbe, dass die genannten Höhlen, in die man nicht ohne Mühe von der schroffen Seite des Felsens einzudringen vermag, im Volke Nymphenhöhle genannt werde. Die Slaven, denen diese Bezeichnung fremd ist, haben dieselbe unstreitig von den früheren Ansiedlern dieser Gegenden, den Römern überkommen, welche diese Höhle für die Wohnung der Quellnymphe hielten. Es muss also das Tufflager bereits vor 1700 Jahren bestanden haben und sich seit jener Zeit bis vor etwa 200 Jahren, von welcher Zeit an es sicherlich keinen Zusatz mehr erhielt, wenig verändert haben.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt eines Theiles des Stammes von *Bryum latifolium* Br. eu. Vergr. $\frac{240}{1}$.
aa Rindenkörper, *bb* mittlerer parenchymatöser Theil, *cc* die den centralen Theil umgebende Zone, *d* Gefässbündel. Die isolirten Elementartheile durch die gleichen Buchstaben bezeichnet.
„ 2. Querschnitt der Spitze desselben Moosstammes.
„ 3. Querschnitt des Stammes von *Bartramia Halleriana* Hedw. Vergr. $\frac{240}{1}$ Bezeichnung wie oben. Die isolirten Elementartheile durch die gleichen Buchstaben bezeichnet.
„ 4. Querschnitt des beblätterten Theiles des Stammes von *Hypnum filicinum* L. Vergr. $\frac{240}{1}$. Der Rindenkörper *aa* ist hier stärker ausgebildet.
„ 5. Querschnitt des Stammes von *Bryum elongatum* Diks. Vergr. $\frac{170}{1}$.
„ 6. Dessgleichen vom Stamme der *Webera nutans* Hedw. Vergr. $\frac{170}{1}$.
„ 7. Theil eines Querschnittes des Stammes von *Dicranum scoparium* Hedw. Vergr. $\frac{170}{1}$.
a einfacher Rindenkörper, *b* Mittelkörper, *d* centraler Gefässkörper aus dickwandiger Zelle bestehend.
„ 8. Theil des Querschnittes des Stammes von *Anomodon viticulosus* H. et T. Vergr. $\frac{240}{1}$.

Tafel II.

Fig. 9. Theil des Querschnittes von *Atrichum undulatum* Br. eu. Vergr. $\frac{240}{1}$ Bezeichnung wie oben.
„ 10. Querschnitt der Seta von *Atrichum undulatum*. Vergr. $\frac{170}{1}$.
Der mittlere Theil eine luftführende Lücke.
„ 11. Querschnitt eines alten, Fig. 12 eines jüngeren Theiles des Stammes. von *Hylocomium triquetrum* Br. eu. Vergr. $\frac{40}{1}$.
„ 13. Eine 240malige Vergrösserung eines Theiles desselben älteren Stammes. Bezeichnung wie oben.
„ 14. Der Centraltheil eines jüngeren Astes von *Hylocomium triquetrum*.
„ 15. Querschnitt des Stammes aus der Endknospe desselben Mooses. Vergr. $\frac{240}{1}$.
„ 16. Ein Stück Blatt. Vergr. $\frac{240}{1}$.
„ 17. Centraltheil des Stammes von *Thamnium Alopecurum* Br. eu. Vgr. $\frac{290}{1}$.
„ 18. Längsschnitt aus dem mittleren Theile des Stammes desselben Mooses. Vergr. $\frac{290}{1}$.
„ 19. Die isolirten Zellen des Stammes von *Fontinalis antipyretica* L. in gleicher Vergrösserung und Bezeichnung wie Fig. 20 und 21.

die ganze Oberfläche gleichmässig mit einer Kalkkruste überzogen ist, sondern dass besonders der Rand die dichtesten und compactesten Krusten enthält, der übrige Theil des Blattes, sowohl an der Ober- wie an der Unterseite dagegen nur mit einer dünnen Decke von kleinen weissen Schüppchen bedeckt ist. Nimmt man diesen Panzer durch eine verdünnte Mineralsäure weg, was unter Aufbrausen geschieht, so erscheint das Blatt erst in seiner ursprünglichen Form und Farbe. Fig. 38 stellt ein solches von seiner deformirenden Kruste befreites Blatt von *Saxifraga crustata* in $2^1/_4$maliger Vergrösserung dar. Es ist dasselbe nicht unbeträchtlich dick, fleischig, von Gestalt linienförmig, nach vorne erweitert, endet in eine stumpfe Spitze, während es am unteren Ende scharf umgebogen stiellos mit dem Stamme in Verbindung tritt. Erst unter diesen Umständen erscheint der Rand nicht vollkommen ganz, sondern von kleinen kerbenartigen Vertiefungen unterbrochen, die oben näher an einander gegen die Basis zu etwas weiter von einander abstehende Grübchen bilden. Ein Querschnitt, durch das Blatt (Fig. 42) zeigt, dass es in der Mitte dicker als an den Rändern ist und der Länge nach eine schwache Einbiegung hat, daher sich oben eine flache Rinne, an der entsprechenden Unterseite eine kielartige Hervorragung bildet.

Hat man das Blatt durch einige Zeit in ein Uhrglas mit Wasser gelegt, dem ein Tropfen Chlorwasserstoffsäure beigemengt wurde, so löst sich allmählich die Kruste, welche dem Blatte eine graugrüne Farbe ertheilte und es wird endlich lebhaft grün. Erst in diesem Zustande wird es für das anatomische Messer zugänglich.

Um die Art der Incrustirung besser zu erkennen, habe ich in Fig. 39 und 40 die Spitzen zweier Blätter von oben betrachtet, bei einer Vergrösserung von $4^1/_2$mal gezeichnet. Man ersieht, dass die Randkrusten den übrigen incrustirten Theil bei Weitem übertreffen. Dicke, compacte, meist an der Seite zusammenfliessende Schuppen bedecken ununterbrochen den Rand und geben ihm ein plumpes Ansehen.

Hebt man mit einer Nadel eine oder die andere dieser Randschuppen von ihrer Unterlage ab, so erscheint an derselben Stelle ein Grübchen (Fig. 40 **), das der Randkerbung entspricht. In gleicher Weise zeichnet sich die abgehobene Schuppe (Fig. 41) durch ein hervortretendes Zäpfchen aus, das genau in das vorhandene

Grübchen eingepasst war. Man sieht daraus, dass die bei Weitem grössere Menge der Kalkausscheidung von den Grübchen des Randes ausgeht. Doch auch der übrige Theil der Blattfläche ist mit feinen Schüppchen, und wo diese fehlen, von einem grauen Anstriche übertüncht, der sich wie jene als kohlensaurer Kalk erweisen. Dergleichen feine, die Oberseite überdeckende Schuppen sieht man sowohl in Fig. 39 als in Fig. 40 und sie erstrecken sich bis auf die umgebogene Blattbasis, deren Rand statt mit Grübchen, mit Wimperhaaren besetzt ist. Ich habe gesehen, dass selbst diese Haare hie und da mit einer Kalkkruste überzogen sind. Es ist nicht uninteressant, diesen anorganischen Überzug der *Saxifraga*-Blätter in quantitativer Rücksicht mit der gesammten Substanz des Blattes zu vergleichen, um daraus die Mächtigkeit der Absonderung zu erfahren. Frische Blätter von mehreren Blattrosetten, 341 der Zahl nach wogen zusammen 10·71 Grm.

Durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure, welche die Krusten vollständig lösten, konnten durch Fällung 0·440 Grm. kohlensauren Kalk und 0·0662 kohlensaure Magnesia und Spuren von Eisen nachgewiesen werden. Hieraus ergibt sich, dass in 100 Theilen frischer Blätter enthalten waren:

$$4{\cdot}146\ CaO, CO_2\ ^{1)}$$
$$0{\cdot}817\ MgO, CO_2.$$

Werfen wir nun einen Blick auf jene Randgrübchen, so müssen wir in ihnen ganz vorzüglich die Organe der Kalkausscheidung erkennen. Sie stellen, wie gesagt, kleine Vertiefungen dar, die mit einem Apparate in Verbindung stehen, welchen nur eine starke Vergrösserung deutlich zu machen im Stande ist. Eine 12malige Vergrösserung eines Querschnittes des Blattes mitten durch ein Randgrübchen (Fig. 42) soll uns erst mit der Lage und den räumlichen Verhältnissen desselben zum Blatte bekannt machen. Man sieht daraus, dass der scharfe Rand des dicken Blattes sich zu einer verhältnissmässig nicht unbeträchtlichen, nach oben gekehrten Vertiefung einbuchtet, und dass unmittelbar unter dieser Einbuchtung ein Knötchen sich befindet, das sich in Bezug auf die Farbe und Sub-

---

[1]) Die Arbeit wurde im chemischen Laboratorio der Universität Wien unter Leitung des Herrn Prof. Redtenbacher von mir ausgeführt.

stanz von dem Gewebe der übrigen Blattsubstanz sattsam unterscheidet. Ein Vergleich dieses Knötchens mit den durchschnittenen Gefässbündeln von gleicher Beschaffenheit, lässt vermuthen, dass dieselbe mit den letzteren in Zusammenhang stehen, und nur die Endpunkte ihrer Verzweigungen darstellen.

Eine Präparirung des Blattes, wodurch sein Gefässbündelsystem blossgelegt wird, was am leichtesten durch vorausgehendes Kochen in Ätzkali zu bewerkstelligen ist, setzt diese Verbindung ausser allen Zweifel und lässt diese Endknötchen unter den Grübchen als ganz eigenthümliche Anschwellungen von Gefässbündelendungen erkennen. Die Figuren 43 und 44 geben Darstellungen solcher Präparate in $4^1/_2$maliger Vergrösserung von der Unterseite gesehen, erstere den Endtheil, letztere einen Theil des Blattes unter der Spitze, beide durch ihre Grösse von einander unterschieden, und daher auch in ihrer Nervatur nicht vollkommen mit einander übereinstimmend.

In beiden durchzieht das ganze Blatt von der Basis bis unter die Spitze ein starker Mittelnerv; während aber Fig. 44 zu beiden Seiten des Mittelnerven nach unten hin sich noch zwei Nebennerven kenntlich machen, sieht man im Blatte 43 zahlreiche Seitennerven unter spitzen Winkeln wechselweise aus diesem hervorgehen und unter sich durch Quernerven in Verbindung treten. Im ersteren Falle als die letzten Endungen der Tertiär- und im letzteren Falle der Secundärnerven erscheinen jene Anschwellungen, welche dem Rande des Blattes parallel gehen und mit dem Grunde der besprochenen Grübchen im Zusammenhange stehen. Eine Untersuchung des Grundes des Blattes zeigt, dass in dasselbe unter allen Umständen nur 1 Hauptnerv eintritt, von dem jedoch sogleich rechts und links zwei Seitennerven abgehen, ohne sich in Knötchen zu verzweigen, die aber, je nach der Stärke des Blattes durch längere Strecken neben dem Mittelnerv verlaufen oder nach kurzer Erstreckung in die besagten Endknötchen übergehen. Aus dem ganzen Nervenverlaufe geht demnach zur Genüge hervor, dass die Knötchen stets integrirende Theile des Gefässbündelsystemes darstellen und dass dieselben in allen Fällen als letzte Endungen der Nervenzweige erscheinen.

Eine nähere Einsicht in die Structur und Zusammensetzung eines solchen Gefässbündels lässt sich am Besten auf einen Quer-

schnitt gewinnen. Fig. 45 zeigt zwei solcher Gefässbündel aus der Mitte des Blattes in 110maliger Vergrösserung. Dieselben werden wie bei allen Blättern nach oben von cylindrischen, nach unten von ellipsoidischen, nur locker unter sich verbundenen Zellen begrenzt. Um die Bündel verkleinern sich die parenchymatischen Zellen auffallend und gehen endlich in äusserst dünnwandige, mit einem trüben Inhalte gefüllte Prosenchymzellen über, denen nur wenige Spiroiden beigesellt sind. Erst bei einer 240maligen Vergrösserung lässt sich die angegebene Zusammensetzung etwas genauer ermitteln (Fig. 46). In derselben Beschaffenheit verlaufen die Gefässbündel bis zu den Grübchen, unter denen sie zu grösseren Knoten anschwellen und dabei vorzüglich ihre spindelförmigen Zellelemente vermehren. In dieser Beschaffenheit stellt sie Fig. 47 auf einem Querschnitte senkrecht auf die Axe des Blattes dar, wobei zugleich das Randgrübchen der Mitte nach durchschnitten erscheint.

Es geht aus dieser Figur überdies noch hervor, dass das Grübchen wohl seitlich aber nicht am Grunde von der Epidermis des Blattes überzogen ist, dass die Zellen der Epidermis an jener Stelle in papillenartigen Wucherungen über die Oberfläche hervortreten, und dass sich der Gefässbündel an dieser Stelle durch die schützende Epidermis hindurch bis an die Oberfläche gedrängt hat. Eine solche Einrichtung ist falls der Gefässbündel die rohe Säftemasse, aus der die Secretionen hervorgehen, zu führen hat, daher ganz geeignet, grosse Quantitäten von Excretionssubstanzen an jenen Stellen anzuhäufen, und es wird aus dieser Einrichtung erklärlich, wie es vorzüglich die Randgrübchen der Blätter sind, die bei dieser Pflanze ganz vorzüglich mit Massen von kohlensaurem Kalk bedeckt sind. Dass jedoch in dem vorliegenden Falle nicht die Grübchen mit ihrem Secretionsapparate allein die Kalkausscheidung bewerkstelligen, beweiset der Kalküberzug des ganzen Blattes. Es ist hieraus ersichtlich, dass die Secretionssubstanzen nicht blos durch die Gefässbündel der Oberfläche zugeführt werden, sondern dass das Blattparenchym in seiner ganzen Ausdehnung solche Excretionssubstanzen führen, von wo sie in die dickwandigen Epidermiszellen und von diesen an die äussere Oberfläche gelangen.

Die Epidermis der Oberseite des Blattes hat weite regelmässig sechsseitige tafelförmige Zellen, die Zellen der Unterseite sind viel kleiner und in die Länge gestreckt. Nur am Rande, wo

die Epidermiszellen noch kleiner werden, finden sich zahlreiche Spaltöffnungen. Es zeigt sich aber, dass weder die Grösse und Form der Epidermiszellen, noch das Vorhandensein der Spaltöffnungen Einfluss auf die grössere oder geringere Menge der Secretion auszuüben im Stande ist.

Vergleicht man ganz junge, etwa 1 Linie lange Blätter mit den erwachsenen Blättern, so bemerkt man dieselben noch von allem Überzuge frei, erst später wird die Spitze des Blattes incrustirt und erst nachdem sie sich zu einer Grösse von mehreren Linien in der Länge entwickelt haben, erscheinen auf dem schon lange vorher sichtbaren Grübchen kleine Kalkkrusten. Indess sind selbst die jüngsten $^1/_4$ — $^1/_8$ Linien langen Blätter schon nicht von einem feinen Kalküberzuge frei, was sich aus den Kohlensäurebläschen ergibt, womit sie sich vorzüglich aber ihre Spitze beschlagen, sobald man sie mit einer Mineralsäure benetzt.

Es geht also daraus hervor, dass die Kalkausscheidung der *Saxifraga crustata* schon von dem frühesten Zustande der Blätter beginnt, dass sie aber später ganz vorzüglich durch eigene Organe am Rande derselben bewerkstelliget wird.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IV.

Fig. 38. Ein ausgewachsenes Blatt von *Saxifraga crustata* Vest. $2^1/_4$mal vergrössert.

„ 39. Die Spitze eines Blattes derselben Pflanze $4^1/_2$mal vergrössert, um die Incrustirung deutlicher zu erkennen.

„ 40. Gleichfalls eine Blattspitze in derselben Vergrösserung, an den mit * bezeichneten Stellen sind die Kalkkrusten weggenommen worden.

„ 41. Kalkschüppchen gesondert dargestellt. *a* en façe, *b* en profil in derselben Vergrösserung.

„ 42. Querschnitt senkrecht auf die Axe des Blattes in 12maliger Vergrösserung.

„ 43 und 44. Blätter durch Kochen in Ätzkali präparirt, um die Gefässbündel und ihre Randknötchen zu sehen, in $4^1/_2$maliger Vergrösserung, erstere die Spitze, letztere den Grund eines Blattes darstellend.

„ 45. Querschnitt aus der Mitte des Blattes in 110maliger Vergrösserung, um das Blattparenchym und die Lage des centralen Gefässbündels zu zeigen.

„ 46. Einer dieser Gefässbündel isolirt und in 240maliger Vergrösserung dargestellt. Die geringe Menge der Spiroiden in denselben ist auffallend.

„ 47 u. 48. Randtheile des Blattes in 110maliger Vergrösserung. Ersteres das Randgrübchen senkrecht durchschnitten darstellend, mit welcher das Gefässbündelknötchen in unmittelbarer Verbindung steht. Die Kalkkruste ist vorher entfernt worden. Fig. 48 der entgegengesetzte Rand des Blattes ohne Grübchen aus Irrung rechts für links verkehrt gezeichnet.

IX. Wachsausscheidungen an einigen Pflanzentheilen.

Taf. IV.

Obwohl die Ausscheidungen von Wachs an der Oberfläche verschiedener Pflanzentheile zu den gewöhnlichsten Erscheinungen gehören, sind doch Fälle, wo sich dieselben durch eine grössere Quantität der Excretionsmasse bemerklich machen, eben nicht sehr häufig. Einige dergleichen Wahrnehmungen will ich in Folgendem näher beschreiben.

Die erste betrifft die Wachsausscheidung an den kürbisartigen Früchten der *Benincasa sinensis*, die vor 2 Jahren hier in Wien reiften und von denen mir zufällig eine zur Untersuchung in die Hände fiel. Diese Früchte sind gross, cylindrisch, am Grunde und an der Spitze abgerundet, ein wenig oder gar nicht gekrümmt und im reifen Zustande von blaugrüner Farbe. Ihre Länge beträgt 12 bis 13 Zoll und der Durchmesser 5—6 Zoll, das Gewicht überschreitet meist 5 Pfund.

Da die Früchte dieser Pflanze mit kriechendem oder niederliegendem Stengel, wie unsere Gurken und Kürbisse auf die Erde zu liegen kommen, so erhält durch den Lichteinfluss die Oberseite immer eine dunklere Färbung als die untere. Zwar besitzt die ganze Oberfläche einen wachsartigen Überzug, doch ist derselbe an der Oberseite der Früchte viel mehr entwickelt als an der Unterseite, wo er nicht selten ganz zu fehlen scheint.

Um mich über die Organisation der wachsausscheidenden Oberfläche zu unterrichten und zu erfahren, wie weit derselbe von der Organisation anderer Pflanzentheile abweiche, habe ich einige senkrecht auf dieselben geführten Schnitte untersucht. Sie zeigten, dass das saftreiche Parenchym der Frucht (Fig. 34 *a*) nahe der Oberfläche in eine sehr unregelmässige Schichte dickwandiger poröser Zellen (Fig. 34 *b*) übergeht, auf welche Schichte ein kleinzelliges Parenchym folgt, welches durch Chlorophyll grün gefärbt erscheint (Fig. 34 *c*), sich aber durch den Mangel von luftführenden Intercellulargängen von dem ähnlichen Parenchym der Blätter unterscheidet. Erst über die chlorophyllhaltige Schichte lagert die Epidermis (Fig. 34 *d*) aus zwei Zellenschichten beste-

hend, von denen die innere kleine plattgedrückte, die äussere hingegen beinahe quadratische Zellen enthält. Fast den Durchmesser dieser Epidermiszellen erreicht die Dicke des Wachsüberzuges (Fig. 34 *e*), der jedoch nicht gleichmässig ausgebreitet ist, sondern Erhöhungen und Vertiefungen zeigt, je nachdem die Wachsmasse stellenweise reichlicher als an anderen Punkten abgesondert wurde.

Befreit man die Oberfläche durch Lösungsmittel von dem Wachsüberzuge, so stellt sich ein sehr regelmässiges Gewebe der äussersten Epidermiszellen dar (Fig. 35). Auch eine sehr starke Vergrösserung der äussersten Zellschichte dieser Frucht (Fig. 36) lässt durchaus keine besonderen Eigenthümlichkeiten im Baue dieser Zellen gewähren.

Dieselbe Wahrnehmung habe ich auch bei anderen wachsausscheidenden Organen gemacht, und ich füge hier namentlich eine Darstellung des Querschnittes von der Unterseite des Blattes von *Brassica cretica* (Fig. 37) bei, wo die den weisslichen Anflug derselben bedingende Wachsschichte *e* sich ebenfalls über ganz gewöhnlich gebaute Epidermiszellen *d* ablagert.

Wenn in letzterem Falle die Wachsschichte nur unbedeutend ist, sah ich sie dafür bei einer Pflanze, die zu einer ganz anderen Familie und Classe gehört, zu meinem Erstaunen in einem bei Weitem grösseren Masse.

Als ich vor ein Paar Jahren in Oberägypten herumstreifte, stiess ich auf einer meiner von der Nil-Barke aus unternommenen Excursionen auf das schöne, hohe, buschige Gras *Panicum turgidum* Forsk. Die Pflanze war bereits in Früchten. Beim Einsammeln desselben gewahrte ich die Oberfläche der federkieldicken Halme mit einer weissen Kruste versehen, die brüchig sich hie und da ablöste. Ich hielt dies auf den ersten Blick für Kieselsäure. Wie war ich aber erstaunt bei meiner Heimkehr, als ich diese Krusten näher untersuchte, sie für wachsartige Ausscheidungen zu erkennen. Leider liess sich am getrockneten Halme keine gute anatomische Darstellung machen, und ich kann daher nur angeben, dass diese Wachskrusten, womit der ganze Halm mit Ausnahme der Knoten bedeckt ist, aus mehreren einzelnen über einander liegenden Lamellen, die sich zuweilen sogar von einander sondern, überzogen ist. Die Quantität der mitgebrachten Pflanzen dieser Art war zu gering, um eine chemische Untersuchung damit vorzunehmen.

Dasselbe habe ich jedoch mit dem Wachse der *Benincasa*-Frucht, deren mir vier zu diesem Zwecke zu Gebote standen, versucht. Um das Wachs zu gewinnen, würde dasselbe sorgfältig von den Früchten abgeschabt, wobei, wie bemerkt, die Unterseite derselben fast nichts gab.

Das mit Sand und Schmutz verunreinigte Wachs wurde in Schwefeläther aufgelöst und filtrirt. Das Gewicht des ätherischen Auszuges von vier Früchten betrug 0·662 Grm. Dieser mit kochendem Alkohol behandelt und filtrirt, gab auf dem Filter eine weisse körnige Masse (palmitinsaures Myricinoxyd) als unlöslich in Alkohol und aus der alkoholigen Lösung krystallisirte cerotinsaures Cerin heraus, das letztere beiläufig dreimal weniger als das erstere.

Ich bemerke schliesslich nur noch, dass Früchte derselben *Benincasa*, die in einem trockenen Zimmer am Fenster der Sonne ausgesetzt waren, sich bis zum völligen Eintrocknen, was erst nach zwei Jahren erfolgte, immer mehr und mehr mit Wachs bedeckten, so dass also die Wachsausscheidung bis zum Absterben der Zellen fortdauerte.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 34. Senkrechter auf die Oberfläche der Frucht von *Benincasa sinensis* geführter Schnitt, 100mal vergrössert.
- *a* weitmaschiges, saftreiches Parenchym der Frucht.
- *b* Schichte dickwandiger poröser Zellen.
- *c* chlorophyllhältige Zellen der äusseren Schichte.
- *d* Epidermis.
- *e* Wachsüberzug.

„ 35. Oberfläche der Epidermis vom Wachsüberzug gereinigt.

„ 36. Epidermis und Wachsüberzug derselben Pflanze. Vergr. 470.

„ 37. Senkrechter Querschnitt auf die Unterseite des Blattes von *Brassica cretica*. Vergr. 360.
- *c* Merenchym mit Chlorophyll.
- *d* Epidermis.
- *e* Wachsüberzug.

X. Honigthau in Afrika.

In Numero V derselben Beiträge (Sitzungsber. der. k. Akad. d. Wissensch. math.-nat. Cl. Bd. XXV) habe ich unter dem Titel: „Zur näheren Kenntniss des Honigthaues" Untersuchungen über jene räthselhafte Erscheinung mitgetheilt, die, obwohl nicht selten vorkommend, doch bis jetzt noch immer nicht sicher auf ihre näheren Ursachen zurückgeführt ist. In der gedachten Abhandlung glaubte ich aus einer im Jahre 1856 in Steiermark gemachten Beobachtung den Schluss ziehen zu können, dass der Honigthau ein Secret der Blätter verschiedener Pflanzen sei, ohne jedoch es auszuschliessen, dass eine ganz ähnliche Erscheinung auch von gewissen Insecten herrühren könne.

Auf einer im Jahre 1858 in Ägypten unternommenen Reise hatte ich zu meinem grossen Erstaunen die Erscheinung des Honigthaues auch da an einer Pflanze wahrgenommen, und zwar in so ausgezeichneter Weise und unter so auffallenden Umständen, dass mir für diesen Fall die Ursache derselben nicht zweifelhaft bleiben konnte.

Ich glaube am besten zu thun, hier das mitzutheilen, was ich unmittelbar nach der Beobachtung an Ort und Stelle in meinem Reisebuche über jenen Gegenstand notirte. Es war in Oberägypten in der Nähe von Elephantine am 26. März 1858, wo ich Nachstehendes niederschrieb:

„Nur ein sehr schmaler Streifen Landes ist an diesem Theile des westlichen Nilufers mit Vegetation bedeckt. Die Wüste fängt daher hier schon nächst dem Flusse an. Die Grenze des Wüstensandes bildet ein sehr steifes verletzendes Gras (*Eragrostis cynosuroides* R. et Sch.), welches in Büscheln zerstreut herumsteht und zum Sammelplatze des durch die Winde herumgetriebenen Sandes dient. Um solche Grasbüschel findet sich in der Regel der Sand angehäuft und hüllt sie selbst zum Theile ein.

Nächst dieser höchst armseligen und einförmigen Vegetation ist jedoch ein Halbstrauch durch seine allgemeine Verbreitung sehr auffällig, indem er eben die Grenze des Culturlandes nach der Wüste hin abschliesst. Es ist die über ganz Afrika verbreitete *Calotropis*

procera R. Br. Er stand eben in Blüthe, auch lagen seine apfelgrossen federleichten Früchte theils am Boden oder hingen noch am Strauche selbst, und gaben ihm ein seltsames Aussehen.

An einigen dieser Sträucher nun war über die unteren Blätter und grünen Stammtheile ein glänzender, firnissartiger Überzug zu bemerken. Dieser Überzug bildete zuweilen eine dichte Schichte, jedoch, was merkwürdig war, immer nur an der Oberseite, niemals an der Unterseite der Blätter, also ganz so wie der Honigthau auch in Europa allenthalben auftritt. An vielen Blättern war dieser Anstrich bereits eingetrocknet, hie und da noch frisch und klebrig, dessen Geschmack süsslich-bitter. Ich bemerke, dass *Calotropis* eine milchende Pflanze ist, die ausserordentlich reich an Milchsaft von milchartigem Ansehen ist.

Es war kein Zweifel, dass dies Honigthau war, auch liess sich in diesem Falle nicht schwer erkennen, auf welche Weise derselbe zu Stande kam, und sich in dieser Art bildete.

Auf dem Strauche lebten zweierlei Insecten, eine *Coccos*-Art, welche hie und da in so grosser Zahl vorhanden war, dass sie den Blättern und Stengeln einen vollkommen weissen Überzug ertheilte, und eine *Aphis*-Art. Die letztere war klein, von gelber Farbe und gleichfalls in grosser Menge über die Pflanze verbreitet. Die Blattläuse sassen stets an der Unterseite der Blätter, und nur ausnahmsweise, wenn sie wegen ihrer übergrossen Anzahl da nicht mehr Platz fanden, begaben sie sich auch auf die Oberseite derselben. Die bedeutende Grösse und ausgebreitete Fläche der Blätter, so wie die gedrängte opponite Stellung derselben liessen in diesem Falle den Zusammenhang des schmierigen Überzuges (Honigthau) mit den genannten Parasiten, den Blattläusen nicht verkennen, auch zeigte sich allenthalben die Quantität derselben, von der Menge der letzteren abhängig.

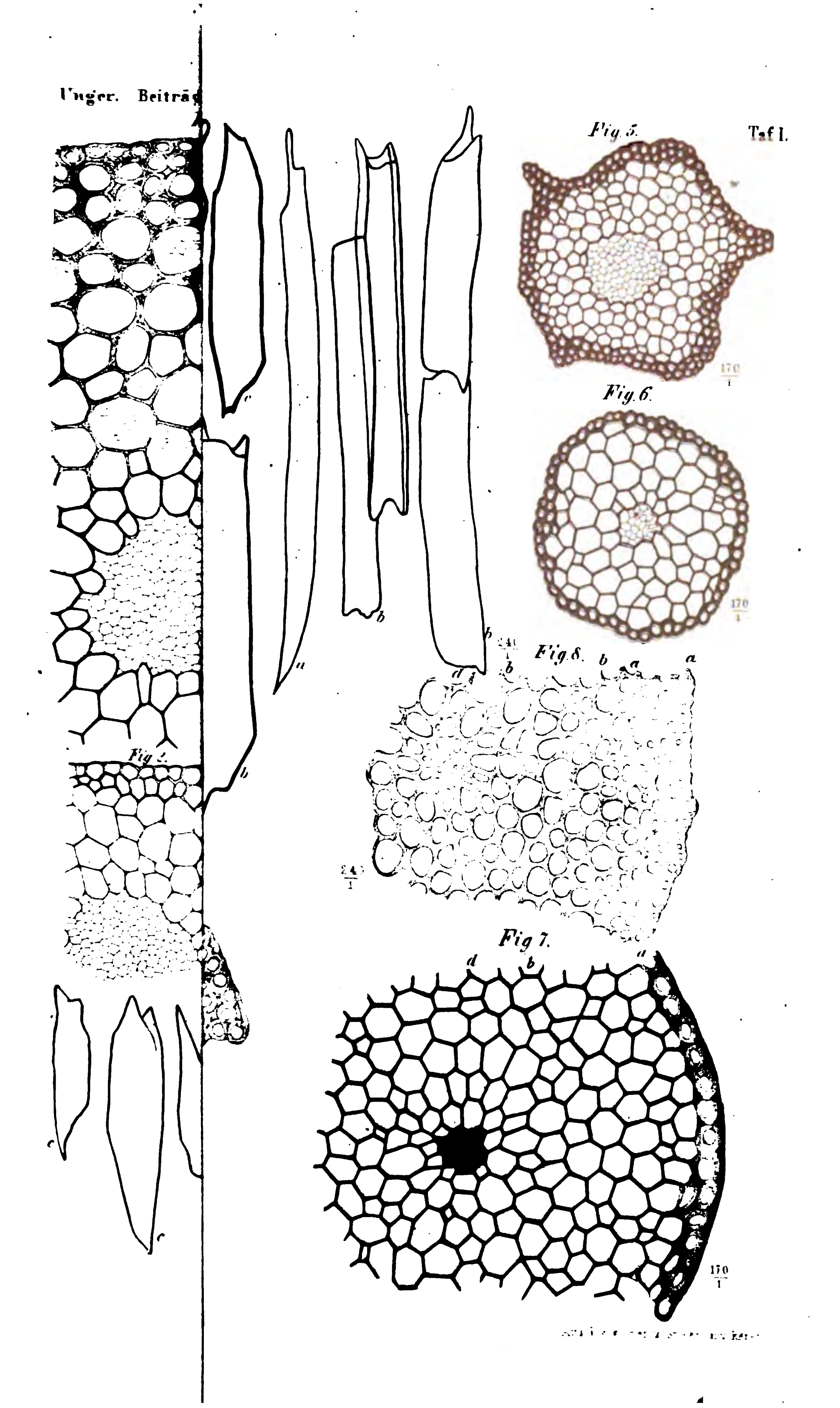
Der Umstand, dass die Blattläuse an der Unterseite, hingegen der Honigthau ausschliesslich nur an der Oberseite der Blätter vorhanden war, musste auf die Annahme führen, dass dieselben ihre süsslichen Excremente nicht an der Stelle wo sie sitzen, sondern auf die unter ihnen befindlichen Blätter, deren Oberseite ihnen zugekehrt war, absetzten. Wenn man bemerkt, dass alle Honigthaubildung an der gedachten Pflanze zuerst in ganz feinen Tropfen erscheint, die immer grösser werden bis sie einen zusammenfliessen-

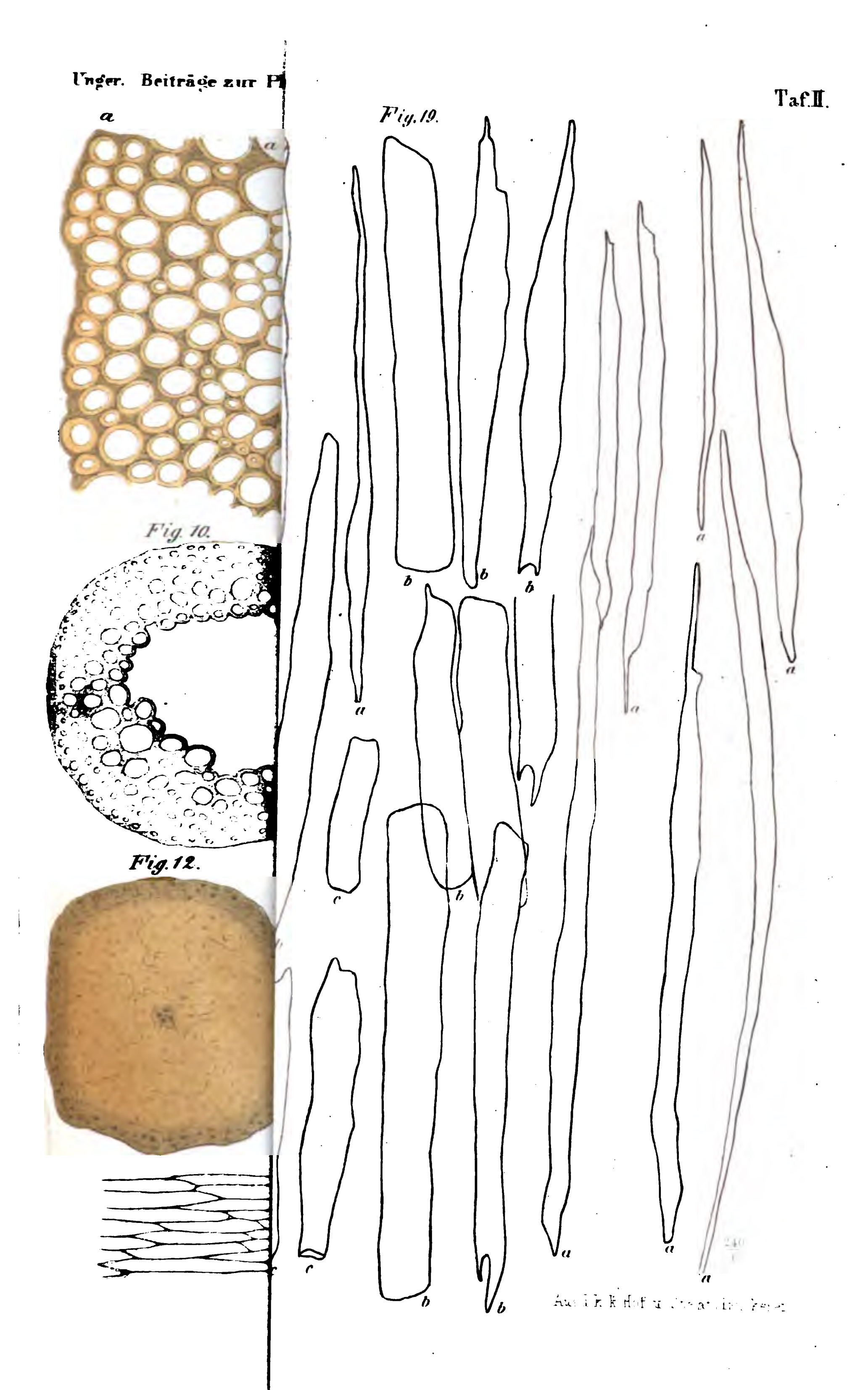
den Überzug geben, so lässt sich dies nicht anders erklären, als dass die Blattläuse ihre flüssigen Excremente fortspritzen und zwar mit aufgehobenem Steisse nach abwärts schleudern müssen. Dies wird auch aus anderwärtigen Beobachtungen über Blattläuse bestätiget, obgleich ich hier nicht Gelegenheit hatte, diese Operation zu beobachten.

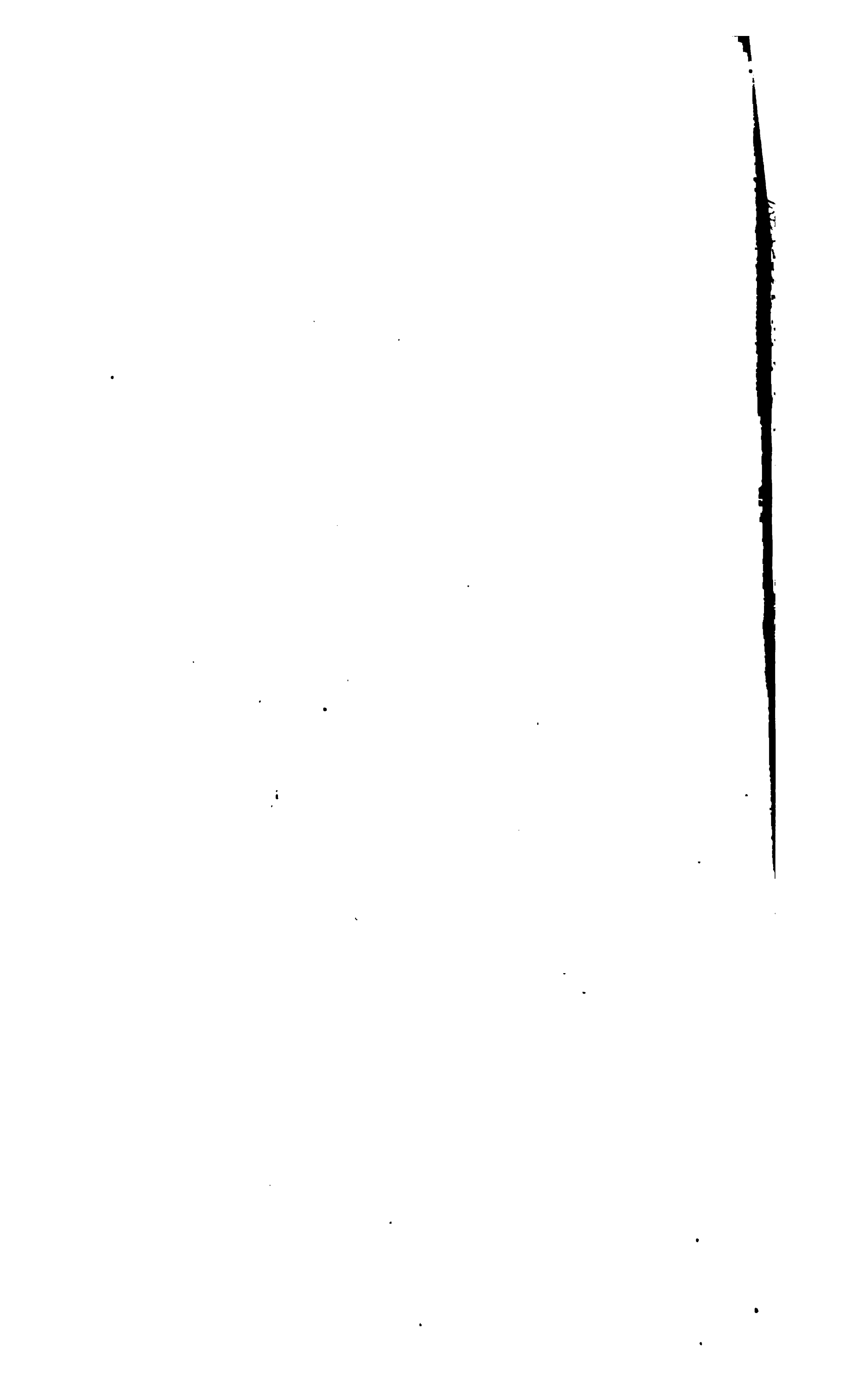
Zur Vervollständigung der Angaben diene noch, dass stets auf jenen Blättern der *Calotropis* die grösste Anhäufung von Honigthau erschien, wo sich auf dem darüber liegenden Blatte die meisten Blattläuse zusammenfanden.

Übrigens war es sehr leicht zu beobachten, dass der Honigthau nur einzelne Sträucher unter vielen neben einander stehenden ergriff, deren Mehrzahl ganz und gar davon frei blieb. Aber niemals habe ich bemerken können, dass an den von Honigthau verschonten Sträuchern sich auch nur eine einzige Blattlaus befand.

Gesetzt aber, die Blattläuse würden doch nur von der an den Blättern der *Calotropis* selbstständig und unabhängig von jener erfolgten Ausschwitzung angelockt, so wäre wahrlich nicht zu erklären, wie im vorliegenden Falle die neben einander stehenden Sträucher, welche ganz und gar denselben äusseren Einflüssen unterzogen waren, sich in Bezug auf die fraglichen Excretionen so himmelweit verschieden verhielten.


Taf I.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 2.
170/1
240/1


Unger. Beiträge zur Pf
Taf. II.
a
Fig. 10.
Fig. 12.
Fig. 19.
a
b
c



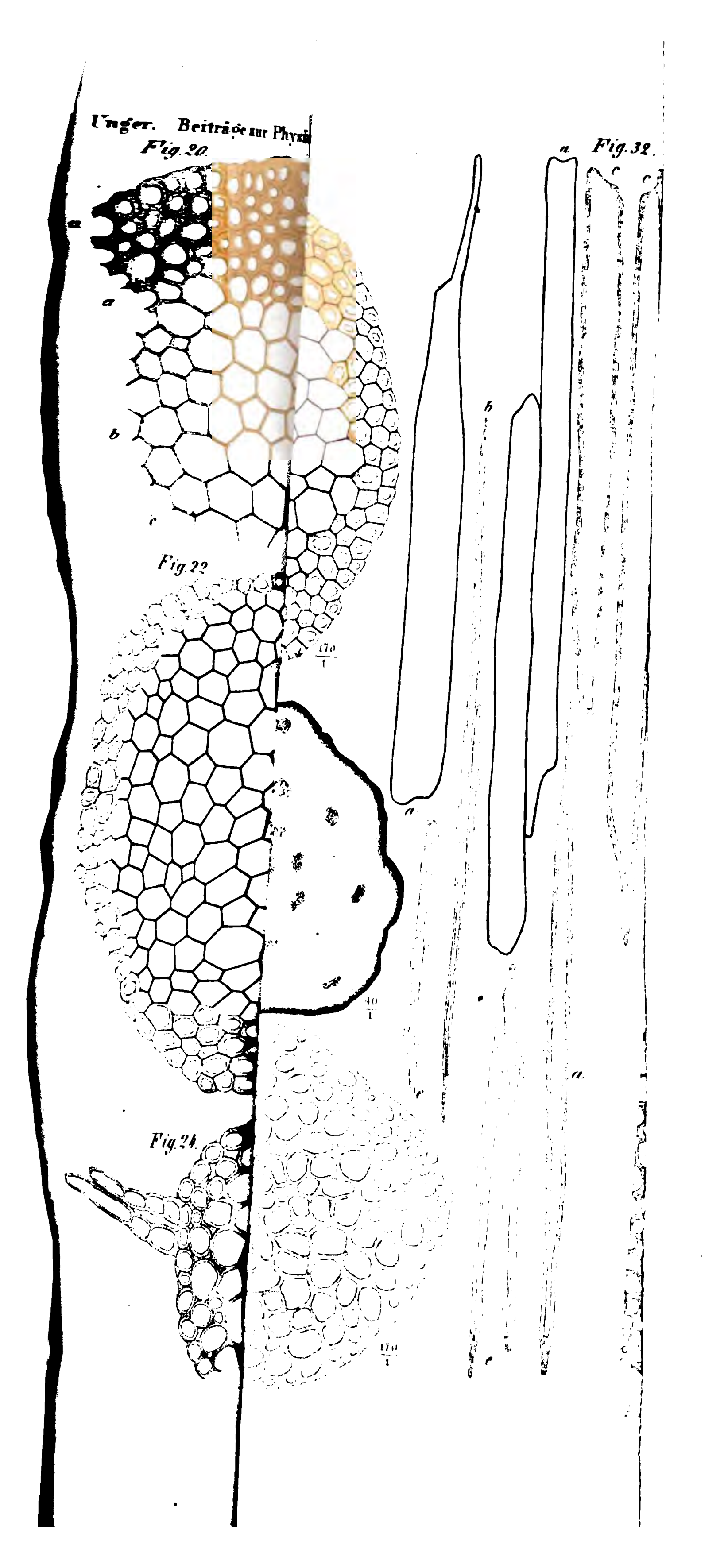

Fig.20.
a
b
c
Fig.22
170/1
40/1
Fig.24.
170/1
Fig.32.
a
b
c



Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 36.

Fig. 33.

$\frac{470}{1}$

Fig. 42.

$2\frac{1}{4}$

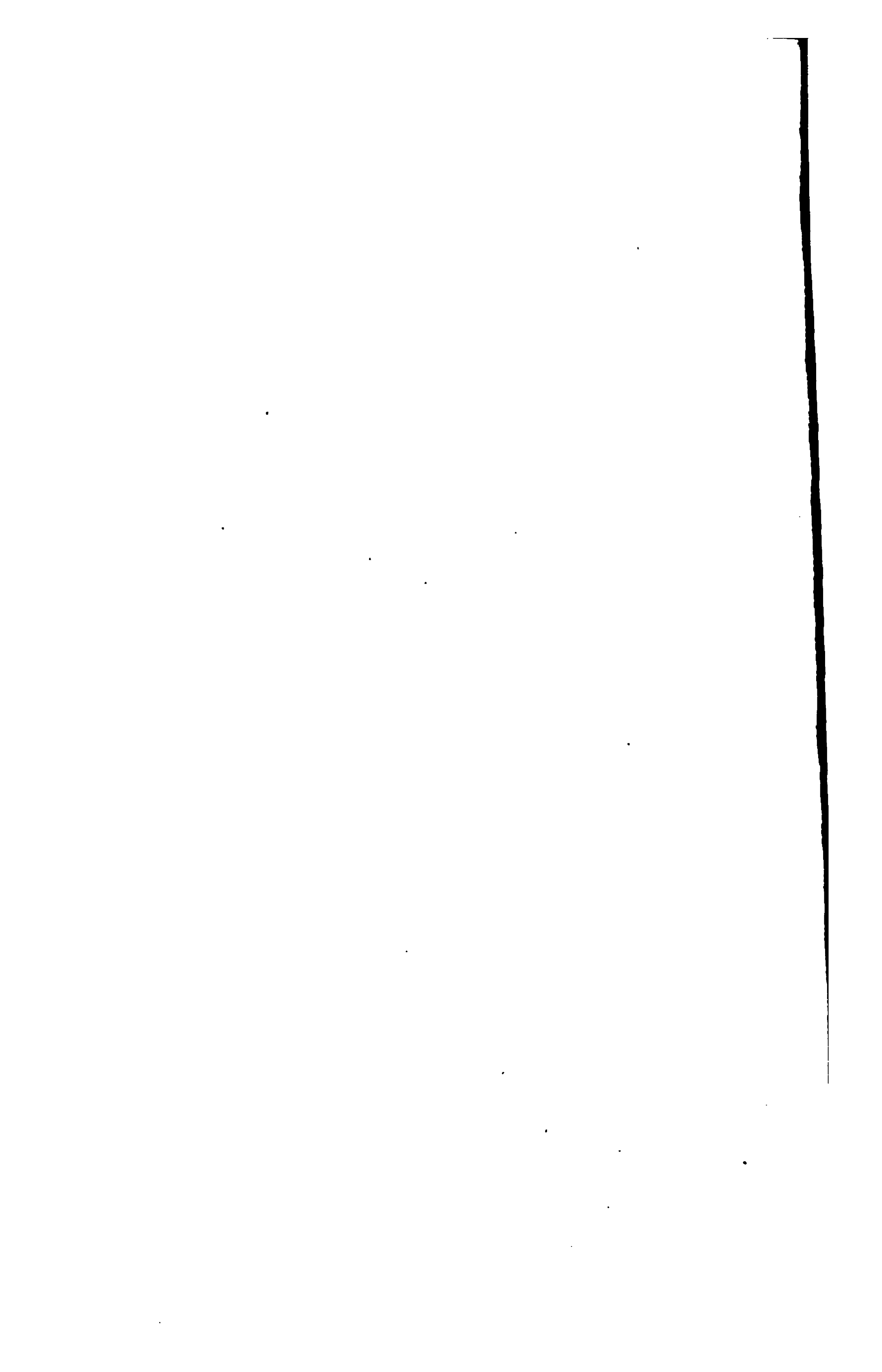
b

Fig.

$\frac{100}{1}$

Fig. 48.

$\frac{110}{1}$



Erläuterungen über Lichtenberg'sche Figuren.

Von Dr. Edmund Reitlinger.

In einer Abhandlung über elektrische Figuren und Bilder aus dem Jahre 1846 [1]) hat Herr Professor Riess versucht, die Formverschiedenheit der positiven und negativen Lichtenberg'schen Figuren zu erklären. Thatsachen zwangen mich, diese Erklärung als ungenügend zu bezeichnen [2]). Herr Professor Riess meint aber dieselbe aufrecht erhalten zu können, indem er in einer Anmerkung einer am 14. und 18. Februar d. J. in der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin gelesenen Abhandlung „über die elektrischen Ringfiguren" bezüglich seines älteren Aufsatzes meint: „Gegen diesen Versuch, der bis heute der einzige geblieben ist, die Entstehung der Staubfiguren wirklich zu erklären, ist Dr. Reitlinger in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie (Bd. 41, S. 358) mit Gründen aufgetreten, die theils auf irrigen Voraussetzungen beruhen, theils mir unerheblich erschienen sind [3])". Aber nicht ich, sondern die von mir gefundenen Thatsachen sprechen gegen Herrn Prof. Riess und darum fühle ich mich verpflichtet, jeden Satz seiner Erklärung einzeln mit den ihm widersprechenden Thatsachen zusammenzustellen. In dieser Weise hoffe ich jeden Leser in den Stand zu setzen, unbeirrt von der hoch geachteten Autorität des Herrn Prof. Riess in der Sache sein Urtheil zu fällen.

Herr Prof. Riess fängt seine Erklärung mit folgenden Sätzen an: „Die Wirkungen einer discontinuirlichen elektrischen Entladung auf ein flüssiges oder luftförmiges Medium sind bekannt; das Medium wird auf dem Wege der Entladung zusammengedrückt, zerrissen und Theile desselben werden mit Heftigkeit nach allen Seiten

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 69, Seite 1.

[2]) Sitzb. der kais. Akademie. XLI. Bd., Seite 369 u. ff. Sitzung vom 14. Juni 1860.

[3]) Abhandl. der physik. Classe der Berliner Akademie. Jahrgang 1861, Seite 32.

geschleudert. Bei der Entladung zwischen einer Metallspitze und einer isolirenden Fläche lehren die Hauchfiguren, dass die fremde Schicht welche die Fläche deckt, an vielen Stellen aufgerissen und entfernt wird; es werden daher Theilee dieser Schicht mit Luft gemischt bei der Entladung gegen die Fläche geworfen. Nehmen wir nun an, dass diese Schicht zum Theil aus condensirtem Wassergase bestehe, so folgt, dass bei der Bildung der Staubfiguren feuchte Luft gegen die isolirende Platte getrieben wird. Die Wirkung eines solchen Luftstromes auf die Platte ist aus Faraday's Versuchen zu entnehmen; als derselbe comprimirte, nicht getrocknete Luft gegen Holz- oder Messingstücke strömen liess, wurden diese negativ elektrisch. Die feuchte Luft verhielt sich ganz so wie feuchter Wasserdampf, mit welchem Faraday eine ausgedehntere Versuchsreihe anstellte, bei der 30 verschiedene Stoffe gebraucht wurden, unter welchen sich Metalle, Seide, Harze, Schwefel, Glas, Bergkrystall befinden. Alle diese Körper wurden durch den feuchten Dampfstrom, der sie bestrich, negativ elektrisch, so dass Wasser als der positivste aller Körper angesehen wird."

Nach Versuchen Faraday's findet aber die von Herrn Prof. Riess in Anspruch genommene Entstehung von negativer Elektricität nicht Statt, wenn das Wasser nicht rein ist [1]). Ich habe nun schon in meiner Abhandlung „Zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren" darauf hingewiesen, wie unwahrscheinlich es ist, dass sich das condensirte Wassergas in dem von Faraday geforderten Zustande von Reinheit befindet. An dem angeführten Orte habe ich auch näher auseinandergesetzt, wie ich künstlich Fälle erzeugte, wo die Figuren anders als gewöhnlich sich hätten zeigen müssen, wenn Faraday's Untersuchung über den feuchten Dampfstrom hier anwendbar wäre. Ich machte Beimischungen zum feuchten Dampfstrome, welche die Zeichnung der Figuren sogar hätten umkehren müssen [2]).

Die Anwendbarkeit der Hydroelektricität in der von Herrn Prof. Riess geforderten Weise ist aber nicht nur von Seite des feuchten Dampfstromes nach den erwähnten Versuchen höchst unwahrscheinlich, sondern die Formverschiedenheit der Figuren findet in den Lichterscheinungen auf Wasserflächen gleichfalls Statt, also gerade

---

[1]) Faraday, Exp. Res. al. 2090—2094.

[2]) Sitzb. der kais. Akademie. XLI. Bd. Seite 371.

auf denjenigen Flächen, wo ja nach der ausdrücklichen Anführung des Herrn Prof. Riess die negative Elektrisirung durch den feuchten Dampfstrom unmöglich angenommen werden kann. Zwar wird Herr Prof. Riess entgegnen, dass die Formverschiedenheit dieser Lichterscheinungen nicht auf derselben Ursache beruhe, wie die der Lichtenberg'schen Figuren. Die ausserordentliche Ähnlichkeit dieser zwei Figuren mit den zwei entsprechenden Staubfiguren habe ich schon in meiner erwähnten Abhandlung auseinandergesetzt [1]). Überdies hat sich aber gerade diesen Einwand Herr Prof. Riess durch seine neue Abhandlung „über die elektrischen Ringfiguren" sehr erschwert. Im §. 16 dieser seiner Abhandlung dehnt er nämlich seine Erklärung der Formverschiedenheit der Lichtenberg'schen Figuren auf eine Formverschiedenheit aus, die man in Du Moncel auf derselben Seite wie die zwei Figuren auf Wasser abgebildet sehen kann [2]). Zwar bezieht sich Fig. 12 auf Lichterscheinungen und nur Fig. 13 auf die von Herrn Prof. Riess negative Ringfigur genannte Zeichnung, aber sowohl Grove [3]) als Du Moncel machen schon darauf aufmerksam, dass bei diesen Ringen Lichterscheinungen und Flecke sich entsprechen. In allen Fällen, wo Entladungen gegen Flächen stattfinden, müssen jene Bewegungen der elektrisirten Theilchen, welche ich meiner Erklärung zu Grunde legte, wirksam sein, und nur durch die mehr oder weniger leitende Beschaffenheit der Flächen in ihrer Form und ihren Wirkungen modificirt werden. Daher habe ich schon in der Abhandlung „zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren" sowohl die Figuren Du Moncel's auf Wasser mit den Staubfiguren identificirt, als auch eine Beobachtung von de la Rive ausdrücklich hierher bezogen, wo der Spitze eine Quecksilberfläche gegenüberstand. An dieser Stelle bemerkte ich auch, dass eine vollständige Aufzählung aller ähnlichen Erscheinungen nicht in der Abhandlung an ihrem Platze wäre. In meinen Universitätsvorträgen nahm ich seitdem immer Lichtenberg'sche Figuren als Figuren durch Bewegung elektrisirter Lufttheilchen gegen Flächen, indem ich den Namen des grossen Physikers auf das Erscheinungsgebiet übertrug, welches weit über den

[1]) Sitzb. der kais. Akademie. XLI. Bd., Seite 368.

[2]) V[te] Th. Du Moncel, Notice sur l'appareil d'induction electrique de Ruhmkorff. Paris, 1855, Seite 30.

[3]) Philos. transactions. 1852, Seite 97.

Kreis der Ringfiguren hinausreicht. In einer Mittheilung an die hohe Akademie am 12. Juli 1860, von welcher die Wiener Zeitung im betreffenden Sitzungsberichte Nachricht gibt, machte ich darauf aufmerksam, dass die Zeichnungen an vom Blitze getroffenen Personen wahrscheinlich Lichtenberg'sche Figuren in dem erweiterten Sinne sind, die durch unterlaufenes Blut die Stellen sichtbar machen, wo die elektrisirten Theilchen in der die Haut berührenden Luftschichte vorüberstreichen. An demselben Orte, wo de la Rive das Experiment mit der Spitze, die der Quecksilberoberfläche gegenübersteht, bespricht, theilt er auch eine Reihe von Ringfiguren mit, die er zwischen Spitzen und Metallplatten durch den von 50 Grove-schen Elementen erzeugten Lichtbogen erhielt [1]. Er erwähnt die Verschiedenheit der so entstandenen Ringfiguren, je nachdem die Platte positiv oder negativ war und sah die eine und die andere Zeichnung in der Grösse ungefähr verdoppelt, wenn er die umgebende Luft auf 3—4 Millimeter verdünnte. Diese geringere Ausbreitung als bei den Staubfiguren kommt von der leitenden Beschaffenheit der Metallplatte her. Die leuchtenden Figuren auf dem Wasser, das bekanntlich bezüglich der Leitungsfähigkeit zwischen den Metallen und den Isolatoren steht, schienen mir das Mittelglied zwischen den Lichtenberg'schen Staubfiguren und den Erscheinungen auf Metallen zu bilden. Ein Versuch, den ich vorigen Sommer in Gegenwart des Herrn Blaserna, des damaligen Assistenten am physikalischen Institute machte, bewährte dieses. Er zeigte, dass während die leuchtenden Figuren auf dem Wasser in ihren Umrissen den gewöhnlichen Lichtenberg'schen Figuren glichen, sie doch in ihrer Vergrösserung mehr den Figuren auf Metallen nach der Beobachtung von de la Rive ähnlich waren. Die Figuren wurden nämlich bei Luftverdünnung in viel langsamerem Verhältnisse als die Staubfiguren grösser und bei weit fortgesetzter Verdünnung waren sie doch nur ungefähr dreimal so gross geworden, wie anfänglich. Da in solcher Weise die Erscheinungen auf Wasser völlig das Mittelglied zwischen Staubfiguren und Ringfiguren bilden, bei diesen beiden Extremen aber Herr Prof. Riess die gleiche Ursache für die Formverschiedenheit annimmt, so kann er es nur billigen, wenn man für alle drei Erscheinungen dieselbe Ursache annimmt, wo sich dann seine Erklärung als unanwendbar zeigt.

[1] A. de la Rive. Traité d'électricité, tome 2, 1856, Seite 231 u. ff.

Die bisher angeführten Thatsachen erläutern also, dass die Anwendbarkeit der hydroelektrischen Erfahrungen auf die Formverschiedenheit der Figuren sowohl bezüglich des condensirten Wassergases als bezüglich der Fläche grosse Schwierigkeit hat und daher sehr unwahrscheinlich ist. Aber selbst angenommen, aber nicht zugegeben, das Bisherige sei zulässig, so verwickeln die nächsten Sätze die Theorie des Herrn Prof. Riess in völligen Widerspruch mit beobachteten Thatsachen.

Diese Sätze lauten: „Unter der obigen Annahme wird demnach jede Platte aus beliebigem Stoffe dadurch, dass eine discontinuirliche elektrische Entladung sie trifft, negativ elektrisch und die von der Entladung übrig bleibende Elektricität hat sich auf einer isolirenden Fläche zu verbreiten, die zugleich negativ elektrisch gemacht wird. Nothwendig wird die Verbreitung und davon abhängige Anordnung der überschüssigen Elektricität eine andere sein, wenn diese Elektricität positiv, als wenn sie negativer Art ist; sie wird sich im ersten Falle leichter und weiter verbreiten, als im letzten. Wir haben gesehen, dass der von der positiven Figur auf der Fläche eingenommene Raum nahe siebenmal grösser ist, als der von der negativen eingenommene. Abhängig von dieser verschiedenen Ausbreitung der Elektricitäten ist die Formverschiedenheit beider Figuren; die zusammengedrückte abgerundete Form der negativen Staubfigur ist für sich klar, während die strahlige auf der Platte erregte Elektricität mit der sich darauf verbreitenden ungleichnamig ist und von derselben neutralisirt wird". Also hiernach hängt die Formverschiedenheit der Figuren von ihrer relativen Grösse ab.

Ich habe schon am 3. Januar d. J. der hohen Akademie in einer von derselben in ihre Sitzungsberichte aufgenommenen Note mitgetheilt, dass diese relativen Grössenverhältnisse in Luft, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure verschieden sind und gab auch das allgemeine Gesetz derselben an. Wenn ich genau nach der von Herrn Prof. Riess angegebenen Weise mit der Leidnerflasche das Verhältniss der beiden Figuren in Kohlensäure statt in Luft bestimmte, so fand ich, dass eben so wie in Luft die Durchmesser der positiven Figuren grösser als die der negativen sind, so in Kohlensäure die Durchmesser der negativen Figuren grösser als die der positiven sind. Das Verhältniss der Durchmesser war im Mittel ungefähr wie 3 zu 2, auf welche Zahl hier übrigens nichts ankömmt. Gleichzeitig

blieb die Formverschiedenheit der positiven und negativen Figur in ihrem allgemeinen Charakter völlig erhalten. Herr Prof. Riess möge den Versuch selbst wiederholen und sich überzeugen, dass es also unmöglich ist, dass die Formverschiedenheit von der Grösse der verschiedenen Ausbreitung herrührt, da die Formverschiedenheit in Kohlensäure dieselbe bleibt, während die negative Figur sich weiter verbreitet als die positive.

Es ist auch sehr schwer einzusehen, dass die bei Verdünnung auf 10″ Barometerstand erzeugte negative Figur, die beim gewöhnlichen Barometerstande entstehende positive in ihrer Grösse übertrifft und doch nach der Theorie von Herrn Prof. Riess nur der geringeren Verbreitung ihre Form verdanken sollte. Die Thatsache ist aber von mir beobachtet worden und ist eine nothwendige Consequenz des Gesetzes, dass die Figuren genau im Verhältnisse der Verdünnung grösser werden, ohne ihre Formverschiedenheit einzubüssen. Dieses Gesetz bildet eben die Grundlage meiner Erklärung, während es gegen die Erklärung des Herrn Prof. Riess nach seinem eigenen Zeugnisse aussagt. In §. 32 seiner Abhandlung spricht nämlich Herr Prof. Riess von einem Ähnlicherwerden der Figuren im luftverdünnten Raume und sucht zu zeigen, dass dieses für seine Theorie streite. Es werden aber die Figuren bis zu circa 5″ Barometerstand nicht ähnlicher, sondern nur grösser und zwar genau im angegebenen Masse. Bei den niedrigeren Barometerständen hat nicht mehr die ganze Figur auf der Platte Platz, der metallische Rand gewinnt Einfluss, im Dunkeln sieht man leuchtende Übergänge zu demselben. Man hat also gar nicht mehr die ungestört entstehende Figur vor sich und kann daher von Ähnlichkeit und Unähnlichkeit der Figuren gar nicht sprechen. So lange aber die Verdünnung diese Grenze nicht erreicht, tritt in den vergrösserten Figuren die Formverschiedenheit eher stärker als schwächer hervor. Es zeigt sich also auch in dieser Hinsicht, dass die Ausbreitung nichts mit der Formverschiedenheit zu thun hat. Übrigens vermag man nicht einmal einzusehen, warum bei einer grösseren Ausbreitung positive Strahlen und Äste und nicht ein blos grösserer Kreis hätte entstehen sollen. Dieses selbst hätte erst der Erklärung bedurft, da die grössere Ausbreitung der negativen Figur bei Luftverdünnung die Form nicht verändert und die Vorstellung einer negativ elektrischen Platte die positiven Strahlen auch nicht erklärt. Doch darum braucht

man sich nun nicht mehr zu bemühen, hat doch die negative Elektrisirung der Platte und die verschiedene Ausbreitung der Figuren nach den erwähnten Experimenten nichts mit der Formverschiedenheit der Figuren zu thun.

Es hielt aber auch Herr Prof. Riess selbst seine Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren nicht immer für so stichhältig, als gegenwärtig. Er war von Herrn van Rees wegen seiner Theorie der Flammenwirkung angegriffen worden und die Eingangssätze seiner Erwiederung aus dem Jahre 1847 erlaube ich mir hier zu citiren: „Wenn ich auch, wie ich gern gestehe, meinen empirischen Versuchen, die ich in strenger Auswahl und erst nach häufiger Wiederholung veröffentlicht zu haben mir bewusst bin, einigen Werth beilege und die Ergebnisse derselben mir nicht leicht abstreiten lasse, so ist dies in weit geringerem Grade mit den Hypothesen der Fall, die ich jenen zuweilen hinzugefügt habe. Es scheint mir nützlich, einen Faden anzugeben, der einzeln stehende dunkle Versuche mit anderen in ihrem Mechanismus klarer daliegenden verbindet, der Faden mag noch so dünn sein; aber freilich darf die Schwäche desselben, wo sie vorhanden ist, nicht übersehen werden, und ich übersah sie nicht. So gebe ich den meinen versuchten Erklärungen der elektrischen Wirkung der Flamme, der verschiedenen Abformung der elektrischen Staubfiguren nur die Bedeutung vorläufig freigesprochener Meinungen, die täglich einer Anklage entgegensehen, oder mit dem Bilde des Dichters zu reden, die Bedeutung zuerst vorgeschobener Steine im Damenspiele, die, wenn sie auch geschlagen werden, doch ein Spiel eingeleitet haben, das gewonnen wird" [1]).

Hier war Herr Prof. Riess gar nicht wegen seiner Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren angegriffen worden und führt sie als Beispiel einer Hypothese an, die täglich einer Anklage entgegensieht. Freilich sind seitdem 14 Jahre vergangen. Sollte es ein Verjährungsrecht der Hypothesen in der Wissenschaft geben?

Jedenfalls ist es nöthig, sobald durch neugefundene Thatsachen eine ältere Erklärung unwahrscheinlich oder ungenügend geworden ist, darauf aufmerksam zu machen. Überdies auch noch eine neue

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 71, Seite 568.

den neuen Thatsachen entsprechende Hypothese aufzustellen, wird man von dem Beobachter zwar nicht fordern, aber ihm gewiss nicht verübeln. Da, was Herr Prof. Riess im Jahre 1847 für sich in Anspruch nahm, er doch sicher auch Anderen zugestehen wird, so könnte ich mich auf obiges Citat stützen und die Rechtfertigung meiner Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren der Zeit überlassen. Wenn Herr Prof. Riess in der Vorrede seines Lehrbuches für Reibungselektricität jene Hypothesen besonders hervorhebt, „die ihre Nützlichkeit bereits gezeigt haben, indem sie zur Auffindung neuer Thatsachen führten und ferner zeigen, in der leichten Übersicht, die sie über diese oft sehr verwickelte Thatsachen gewähren", so hat meine Erklärung zur Auffindung der Verschiedenheit der Lichtenberg'schen Figuren in den verschiedenen Gasen geführt und beinahe alle Artunterschiede der positiven und negativen Elektricität unter einen Gesichtspunkt gebracht. Da aber Herr Prof. Riess am angeführten Orte meine Erklärung als im Widerspruche mit bekannten Thatsachen bezeichnen will, so sehe ich mich veranlasst, meine Erklärung nochmals genau mit den sie begründenden Thatsachen der wissenschaftlichen Welt vorzuführen.

Die im §. 3 meiner Abhandlung auseinandergesetzte Vergrösserung der Figuren im Verhältnisse der Luftverdünnung war eine Thatsache, welche eine so überwiegende Rolle der Luft selbst zeigte, dass ich glaubte, die Vorgänge in der Luft selbst für die eigentliche Ursache der Figuren und ihrer Formverschiedenheit halten zu müssen. Als ich aber sah, dass diese Vorgänge in den Figuren Du Moncel's durch Licht sichtbar gemacht werden und genau die sind, die man voraussetzen müsste, um die Lichtenberg'schen Staubfiguren dadurch zu erklären, so wurde es mir zur Gewissheit, dass wir es in beiden Fällen mit denselben Bewegungserscheinungen elektrisirter Theilchen zu thun haben. In einem Falle werden die Bewegungen durch das Glühen der Theilchen dem Auge sichtbar; im anderen Falle aber geben die Theilchen einen Theil ihrer Elektricität an das Harz ab und aus diesen Spuren werden nachher ihre Bewegungen durch den auf die Platte gestreuten Staub zur Wahrnehmbarkeit erhoben. Wenn ich hierbei die elektrisirten Theilchen nicht näher definirte, so verstand es sich doch durch die Anführung der Lichterscheinungen von selbst, dass ich von den in diesen wirksamen materiellen Theilen sprach. Dass hier die Lufttheile eine

Hauptrolle spielen, ist aus Plücker's und Anderer Versuchen genügend bekannt und dass die Lichterscheinungen in verschiedenen Gasen und die Lichtenberg'schen Figuren in denselben Gasen sich so vielfach entsprechen, wurde in einer am 3. Jänner d. J. der hohen Akademie mitgetheilten Note von mir als besondere Bestätigung meiner Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren angeführt. Gerade durch das Studium der Figuren in den einfachen Gasen suche ich gegenwärtig zu ermitteln, wie sich die einfachen Gase in Bezug auf die Mittheilung elektrischer Zustände verhalten und dadurch Aufschlüsse für die Elektrochemie zu erhalten. Die messbaren Staubfiguren, die selbst bis in ihre einzelnen Bestandtheile die Elektricitätsart so leicht erkennbar durch die rothe oder gelbe Farbe anzeigen, scheinen mir in dieser Hinsicht besondere Vortheile zu besitzen. Namentlich glaube ich zu bemerken, dass das relative Grössenverhältniss der positiven und negativen Figur mit der elektrochemischen Beschaffenheit der Gase zusammenhängt [1]).

Ich glaubte also, wie gesagt, es sei schon durch die Vergleichung mit den Lichterscheinungen genügend klar, dass ich von elektrisirten Lufttheilchen spreche, ohne Metalltheilchen gänzlich auszuschliessen. Herr Prof. Riess sagt aber bezüglich meiner Erklärung: „Wenn eine Bewegung von Luft- und Metalltheilen gemeint ist, und andere die Elektricität übertragende Theile kenne ich nicht, so steht die Annahme in Widerspruch mit bekannten Thatsachen". Gewiss ist eine solche Bewegung gemeint, und da jeder elektrische Wind eine solche beweist, so kann sie doch Herr Prof. Riess nicht bestreiten, sondern nur ihre Anwendbarkeit bei Erklärung elektrischer Figuren und Zeichnungen auf Flächen. Diese Anwendung war freilich erst durch die Thatsachen, dass die Figuren genau im Verhältnisse der Luftverdünnung grösser werden, angeregt und von mir zuerst aufgestellt und durch die Versuche in verschiedenen Gasen bestätigt worden. Die Vorgänge, welche die Figuren und Lichterscheinungen auf Flächen bilden, mitinbegriffen die Zeichnungen an vom Blitze getroffenen Personen, finden sämmtlich in der Luft Statt und die Staubfiguren auf Harzflächen sind nur ein bestimmter Fall ihrer Sichtbarkeit. Dieses war das Resultat meiner Untersuchung, wie ich es ausdrücklich schon in meiner ersten

---

[1]) Gezwungen von dieser Arbeit, die schon so manche Resultate hat, hier Nachricht zu geben, theile ich Obiges mit dem Vorbehalte der späteren genauen Ausführung mit.

Abhandlung ausgesprochen habe. Mir scheint auch dieses Resultat keine Hypothese, sondern nur der übersichtliche Ausdruck einer Gruppe von Thatsachen, die hier durch eine Vorstellung zusammengefasst werden. Natürlich findet diese Bewegung sowohl an positiven als an negativen Spitzen Statt, sonst würde die negative Figur nicht mit der Luftverdünnung grösser werden, sie ist aber an beiden Spitzen verschieden, wie es schon die Lichterscheinung zeigt.

Es ist mir aber völlig unbegreiflich, dass Herr Prof. Riess obige kurze Worte der Anmerkung einer Abhandlung beifügte, in welcher selbst aus Luftströmungen die Form der Ringfiguren zu erklären versucht wird. In der Abhandlung heisst es: „Bei jedem Funken, der zur Darstellung der Ringfiguren gebraucht wird, treffen die Metallplatte viele Ströme ozonisirter Luft, die ihr in verschiedener Richtung von entfernten Punkten zukommen und sie oxydiren. Unmittelbar an der Oberfläche der Platte entsteht aber gleichfalls ein Strom ozonisirter Luft, von welcher der wirksame Theil sich nur in der Ebene der Platte fortbewegen kann und welcher der Kürze wegen der horizontale Strom heissen mag. Aus dem Zusammentreffen des horizontalen Luftstromes und der schief auffallenden Ströme lässt sich die Form der Ringfiguren ableiten“ [1]). Was sind die Ströme ozonisirter Luft hier anderes, als Bewegung elektrisirter Theilchen, Bewegungen elektrisirter Lufttheilchen und Luftströmungen sind doch sicher nur verschiedener Ausdruck derselben Vorstellung. Ja selbst die schief auffallenden Luftströme, aus denen ich die Strahlen der positiven Figur ableite, verwendet Herr Prof Riess, den leeren inneren Raum mit dem Saum und Ring bei der entsprechenden Ringfigur zu erklären [2]). Erscheint es hiernach nicht am natürlichsten auch den verzerrten Umriss bei diesen Figuren dem Impulse der schief auffallenden Ströme zuzuschreiben, wodurch sich bei isolirenden Flächen vermöge langsamer Abgabe der Elektricität die positiven Zacken gestalten. Man könnte hier nur zögern, wenn die Bewegungen der Lufttheilchen dieselben wären, im Falle sie von einer positiven oder von einer negativen Metallelektrode elektrisirt werden. Dieses ist aber nicht der Fall, wie man längst durch die Lichterscheinungen

---

[1]) Abhandl. der physik. Classe der Berliner Akademie. Jahrgang 1861, Seite 26.
[2]) Abhandl. der physik. Classe der Berliner Akademie. Jahrgang 1861, Seite 30.

weiss [1]). Ja, die Verschiedenheit ist gerade eine solche, wie sie die Formverschiedenheit der Lichtenberg'schen Figuren im weitesten Sinne begreiflich macht. Eben diese Zurückführung der Staubfiguren in ihrer Entstehung und Formverschiedenheit auf Bewegungen elektrisirter Theilchen in der Luft oder wenn Herr Prof. Riess stylistisch es vorzieht, auf elektrisirte Luftströme bildet den wesentlichen Inhalt meiner ersten Abhandlung „Zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren" und erweiterte den Begriff der Lichtenberg'schen Figur von der Sichtbarwerdung durch Staub auf jede Art von Figur, welche bei elektrischen Entladungen durch Luft oder Gas zwischen Spitzen und Flächen sichtbar wird. Sage ich doch ausdrücklich: „So hätten wir also gerade in den Lichtenberg'schen Figuren die einfachste Weise, die eigenthümlichen Bewegungen der von einer positiven oder negativen Spitze Elektricität fortführenden Theilchen zu erkennen, die auch durch elektrische Lichterscheinungen sichtbar werden [2])". Nach dem Sprachgebrauche der Physiker aber, die Zurückführung mehrerer Thatsachen auf eine einzige als Erklärung zu bezeichnen, betitelte ich eben desshalb meine Abhandlung: „Zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren". Wenn ich nochmals zusammenfassend meine Vorstellungsweise der oben citirten des Herrn Prof. Riess entgegenstelle, so ist sie folgende: Die positive Figur wird durch den Impuls schief auffallender und ein Stück horizontal hinstreichender Theile, die ihre positive Elektricität an das Harz abgeben, gebildet, während die negative Figur durch allseitig gleichförmige Ausbreitung negativ elektrisirter Theilchen, die auch bei dieser Bewegung ihre Elektricität dem Harze mittheilen, sich formt, welche beide Bewegungsweisen in den entsprechenden Lichterscheinungen unmittelbar gesehen werden. Abgesehen, dass die oben mitgetheilte Vorstellungsweise des Herrn Prof. Riess durch neue Experimente widerlegt ist, welche meine Vorstellungsweise bestätigen, glaube ich mit Ruhe dem Urtheile der Physiker entgegensehen zu können, welche Vorstellungsweise mehr Aufklärung über die Entstehung der Staubfiguren gibt und welche

---

[1]) In einer Arbeit, welche Herr Kraus und ich unternommen haben, wird man einen neuen Beweis dieser Verschiedenheit finden, der auch noch in anderer Hinsicht von Interesse ist. Hier genügt aber völlig die Berufung auf die bekannten Lichterscheinungen.

[2]) Sitzb. der kais. Akademie. XLI. Bd. Seite 373.

mehr die Forderung des Herrn Prof. Riess erfüllt, „einen Faden anzugeben, der einzeln stehende dunkle Versuche mit anderen in ihrem Mechanismus klarer daliegenden verbindet, der Faden mag noch so dünn sein".

Es sei mir erlaubt, in dieser letzten Beziehung noch Einiges beizufügen. Ich habe bereits erwähnt, dass meine Vorstellungsweise auf die Lichtenberg'schen Figuren in verschiedenen Gasen führte und dass diese Experimente für die Elektrochemie eine Bedeutung versprechen. In meiner der hohen Akademie am 3. Januar mitgetheilten vorläufigen Note über diese Figuren machte ich darauf aufmerksam, dass sich an diesen Figuren alle jene Verhältnisse wieder finden, welche Faraday an den Lichterscheinungen bei Entladungen in verschiedenen Gasen beobachtet hatte und behielt das Detail für später vor. Zu diesem letzteren gehört, dass auch noch andere, erst in neuer Zeit bemerkte Eigenthümlichkeiten der elektrischen Lichterscheinungen in den Figuren ihr Abbild finden. Bei einem Gasgemenge, überwiegend aus Wasserstoff, im Reste aus atmosphärischer Luft bestehend, entstanden nach schwacher Verdünnung in der positiven Figur drei concentrische Ringe, gebildet aus reichen positiven Verästelungen, welche jene charakteristischen Eigenthümlichkeiten an sich trugen, die alle positiven Figurationen im Wasserstoffe auszeichnen [1]). Combinirt man diese Beobachtung mit den mehrfachen Oxydationsringen, welche Grove in Gemengen von Wasserstoff und Sauerstoff erhielt und mit den Resultaten meiner Abhandlung über die Schichtung des elektrischen Lichtes, wonach diese in einem Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff auf abwechselnden Wasserstoff- und Sauerstoffschichten beruht, so ergibt sich ein einfacher Zusammenhang zwischen der obigen Lichtenberg-schen Figur, den mehrfachen Grove'schen Ringen und der Schichtung des elektrischen Lichtes, welche selbst wieder mit den chemischen Eigenschaften der Entladung zusammenhängt. Die Detailausführung muss ich natürlich der erwähnten Abhandlung überlassen. Ich theilte dieses hier nur mit, um an einem Beispiele zu erläutern, wie ich es meine, wenn ich sage, dass meine Vorstellungsweise zur

[1]) Eine Abbildung dieser Figur, welche ich der ausführlichen Abhandlung „über die Lichtenberg'schen Figuren" in verschiedenen Gasen beizugeben beabsichtige, wird dieses deutlicher machen. Am 28. Jänner d. J. zeigte ich diese Figur in einem populären Montagvortrage im kais. Akademiegebäude vor und erläuterte dieselbe.

Verbindung einzeln stehender Thatsachen mehr beiträgt, als die Vorstellung einer durch den feuchten Dampfstrom negativ elektrisirten Harzfläche.

Indem ich ganz der Ansicht des Herrn Prof. Riess anhänge, es sei nöthig „strenge das zu sondern, was unzweifelhaft feststeht von dem, was nur hypothetisch abzuleiten möglich ist", habe ich in der betreffenden Abhandlung die mehrfach erwähnte Vorstellungsweise in den sieben ersten Paragraphen auseinandergesetzt und die Staubfiguren dadurch erklärt, dass ich sie als eine andere Art der Sichtbarkeit der auch in den Lichterscheinungen wahrnehmbaren Bewegungen bei Entladungen bezeichnete und erst nachher im §. 8 mich zu der weiteren Frage gewandt: „Woher kömmt es aber, dass die bewegten, elektrisirten Theilchen, welche von einem positiven Pole nach einer Fläche die Elektricität übertragen, eine strahlenförmige als Figur von Zacken begrenzte Ausbreitung annehmen, während die bewegten, elektrisirten Theilchen, welche von einem negativen Pole Elektricität an die Fläche überführen, eine Ausbreitung im Kreise auf derselben zeigen?"

Diese Frage bezieht sich nicht mehr auf die Verschiedenheit der Staubfiguren als solcher, sondern ebensogut auf die Verschiedenheit der analogen Lichterscheinungen und sucht hierfür eine Hypothese. Wäre selbst die Erklärung des Herrn Prof. Riess nicht durch Experimente widerlegt, so würde man nach ihrer Annahme doch noch einer zweiten Hypothese für die Lichterscheinungen bedurft haben, hätte also eine solche Hypothese, wie ich im §. 8 suchte, nicht entbehren können und nur eine Mehrheit von Hypothesen gehabt, wo ich einer einzigen bedarf. In dieser Hinsicht bot sich mir aber eine Annahme von Prof. Plücker dar, die selbst schon unmittelbar aus einer Thatsache abgeleitet worden war. Aus einer gründlichen Analyse der Einwirkung des Magnetes auf das positive elektrische Licht leitete nämlich Plücker in ebenso geistreicher als einfacher Weise die Annahme ab, dass auf jedes Theilchen des positiven Lichtes eine Kraftcomponente in der Richtung des positiven Stromes wirke, während eine solche Componente im negativen Lichte nicht wirksam ist. Diese Vorstellung leitete Plücker unmittelbar aus dem Unterschiede der Spiralen im positiven Lichte und der magnetischen Curven im negativen Lichte unter dem Einflusse des Magnetes ab. Indem ich nun diese Kraftcomponente den elektrometrischen Abstos-

sungen der elektrischen Theilchen an der positiven und negativen Spitze bei der positiven Spitze hinzufügte, so ergaben sich mit Leichtigkeit jene Bewegungsunterschiede, die mich die Thatsachen gelehrt hatten. In einer späteren Abhandlung „Zur Erklärung des Lullin'schen Versuches und einiger anderen Artunterschiede der positiven und negativen Elektricität" [1]) habe ich zu zeigen gesucht, dass diese Annahme Plücker's beinahe alle mechanischen Artunterschiede der positiven und negativen Elektricität unter einen einzigen Gesichtspunkt zu bringen gestattet. Insoferne zeigt sie sich also von ganz besonderer Nützlichkeit. Sie ist auf Thatsachen begründet und es ist mir keine entgegenstehende Thatsache bekannt. Sie scheint mir vor Allem geeignet, eine Erforschung des noch so dunkeln Gebietes der Artverschiedenheit der positiven und negativen Elektricität zu leiten. Insoferne namentlich dürfte sie sich als fruchtbare und einfache Hypothese allen Physikern sehr empfehlen.

Ich hielt mich für verpflichtet bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaften meine Vorstellungsweisen zu vertheidigen. Was ich dabei im Innersten empfinde, sprach Faraday in folgenden herrlichen Worten aus: „Obwohl ich in ehrenhafter Weise nicht sagen kann, dass ich wünsche im Irrthum gefunden zu werden, so hege ich doch die innige Hoffnung, dass der Fortschritt der Wissenschaft in den Händen ihrer vielen eifrigen gegenwärtigen Pfleger gross genug sein wird, durch die Gabe neuer und anderer Entwickelungen und in ihrer Anwendung immer allgemeinerer Gesetze mich denken zu machen, dass was in diesen Experimentaluntersuchungen geschrieben und erläutert wurde, zu den vorübergegangenen Theilen der Wissenschaften gehört". Indem ich glaube, dass diese Worte Faraday's eben so die Gefühle des Herrn Prof. Riess ausdrücken, wie es bei meinen im vollsten Masse der Fall ist, hoffe ich durch die Erläuterungen dieses Aufsatzes Herrn Prof. Riess zu einer Vergleichung seiner Erklärung der Lichtenberg-schen Figuren mit den neu gefundenen Thatsachen und zu einer eingehenden Prüfung meiner durch diese angeregten Vorstellungen zu bewegen. Ich wünsche dieses in der Überzeugung, dass es Herrn Prof. Riess so gut als mir nur um die Wahrheit und ihre Erkenntniss zu thun ist.

---

[1]) Sitzb. der kais. Akademie. XLI. Bd. Seite 759.

Über die Krystallformen des zweifach ameisensauren Kupferoxydes und des ameisensauren Kupferoxyd-Strontian.

Von V. Ritter v. Zepharovich.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. März 1861.)

Krystallbestimmungen einer Reihe von Salzen der Ameisensäure führten Heusser zu dem Resultate einer Isomorphie der folgenden Verbindungen:

Ameisensaures Kupferoxyd = $\dot{Cu}\ddot{F}o + 4aq.$

Ameisensaurer Kupferoxyd-Baryt = $2\dot{Ba}\ddot{F}o + (\dot{Cu}\ddot{F}o + 4aq.)$.

„ „ Strontian = $(^4/_7\dot{Sr}.^3/_7\dot{Cu})\ddot{F}o + 4aq.$).

„ „ „ = $2(\dot{Sr}\ddot{F}o + 2aq.) +$
$+ (\dot{Cu}\ddot{F}o + 4aq.)$.

Krystallsystem klinorhombisch, mit einem Verhältnisse der Längen der Klino- und Orthodiagonale und der Hauptaxe

$$a : b : c = 1\cdot0036 : 1 : 0\cdot7739$$

und dem Winkel

$$C = 78^\circ\ 55'$$

Rammelsberg fügte in seiner krystallographischen Chemie [1]) der Angabe von Heusser's Beobachtungen, bezüglich der erwähnten Isomorphie die Bemerkung bei: „Dies ist in Betreff des letzteren Salzes, gleichwie der Barytverbindung, sehr auffallend, da es bis jetzt ohne Beispiel ist, dass in einer solchen isomorphen Mischung eines der Salze wasserfrei oder mit einem anderen Wassergehalte enthalten sein kann. Es ist daher eine Bestätigung des Factums sehr wünschenswerth".

---

[1]) 1. Band, S. 282—284.

Diese Bemerkung veranlasste K. R. v. Hauer zunächst Krystalle des ameisensauren Kupferoxyd-Strontian darzustellen; gleichzeitig erhielt derselbe auch Krystalle von zweifach ameisensaurem Kupferoxyd $\dot{Cu}.2\ddot{F}o+4aq.$ einer neuen Verbindung.

Die Krystalle der beiden genannten Salze habe ich möglichst sorgfältigen und zahlreichen Messungen unterworfen, und hierbei gefunden.

1. dass, wie zu erwarten war, das Salz $2(\dot{Sr}\ddot{F}o+2aq.)+(\dot{Cu}\ddot{F}o+4aq.)$ nicht isomorph sei mit $\dot{Cu}\ddot{F}o+4aq.$, wie Heusser angibt, selbst nicht dem klinorhombischen Systeme angehöre;
2. dass das Salz, für welches von Hauer die Formel $\dot{Cu}.2\ddot{F}o+4aq.$ schreibt, klinorhombische Krystalle — verschieden von jenen des $\dot{Cu}.\ddot{F}o+4aq.$ — bilde, welche bezüglich der Flächenentwickelung und den Winkelwerthen annähernd übereinstimmen mit den Krystallen der Salze: $\dot{Mn}\ddot{F}o+2aq.$, $(\frac{5}{6}\dot{Mn}, \frac{1}{6}\dot{Ba})\ddot{F}o+2aq.$, $\dot{Zn}\ddot{F}o+2aq$ und $\dot{Cd}\ddot{F}o+2aq.$ [1]).

Die Berechnung der Mittelwerthe aus den einzelnen Messungen habe ich wie bei einer früheren Gelegenheit [2]) nach der Formel

$$M = \frac{\Sigma(gm)}{\Sigma(g)}$$

in welcher m die immer durch dreimalige Repétition erhaltenen Winkelwerthe und g die denselben nach der Güte der Spiegelung zukommenden Gewichte 1 — 3 bedeutet — vorgenommen und diese Resultate in die diesmal mit „Gewichts-Mittel" überschriebenen Colonnen der Tabellen gestellt; die nächst angereihten mit Z bezeichneten, enthalten die Zahl von Einzelbestimmungen, welche mit ihren Gewichten für die Berechnung des Mittelwerthes benützt wurden, nach Ausscheidung jener Messungen, welche wegen unvollkommener Reflexion, zu geringer Ausdehnung der Flächen, oder Krystallisations-Störungen, wenig verlässliche oder von den übrigen auffallend abweichende Winkelgrössen gaben.

---

[1]) Rammelsberg, krystallographische Chemie, 1. Band, S. 278 — 280, 284; A. Handl, Über die Krystallformen der ameisensauren Salze, diese Sitzungsberichte Bd. XLII, Sitzung am 29. November 1860.

[2]) L. c. Bd. XLI, S. 516.

Die Messungen wurden ausgeführt mit einem in meinem Besitze befindlichen Reflexions-Goniometer, welcher nach dem Vorbilde der Berliner Instrumente des k. k. physikalischen Institutes und der k. Akademie der Wissenschaften, allen Anforderungen entsprechend, in der mechanischen Werkstätte des k. k. polytechnischen Institutes unter der Leitung von Ch. Starke angefertigt wurde, und gleich wie jene, mit einem verticalen Limbus, einem Einstellungs-Apparate nach Mitscherlich und zwei Fernröhren versehen ist. Die Theilung des Limbus ist auf einer konischen Fläche bis auf 10 Minuten ausgeführt und gestattet mit Hilfe der Nonien (deren zwei diametral und einer in der für einfache Ablesungen bequemsten Lage angebracht sind) direct noch 10 Secunden abzulesen und 5 Secunden sicher abzuschätzen.

Um die Genauigkeit, welche sich mit diesem Instrumente erreichen lässt, zu bestimmen, habe ich eine vollkommen planparallele Glasplatte zu widerholten Malen, von verschiedenen Stellen des Limbus ausgehend, mit regelmässigen Intervallen von $22\frac{1}{2}$ zu $22\frac{1}{2}$ Grad gemessen. Als arithmetisches Mittel dieser 16 Messungen, deren jeder einzelnen eine 3malige Repetition mit Endablesung an den diametralen Nonien zu Grunde liegt, erhielt ich

$$180^\circ\, 0'\, 3''17.$$

Nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet sich für diese Angabe, aus der Summe der Fehlerquadrate $\Sigma\,(v^2) = 1091\cdot03$, die Präcision der Beobachtungen

$$h = \sqrt{\frac{m-1}{2\Sigma(v^2)}} = 0\cdot08291$$

und der wahrscheinliche Fehler

$$r = \rho\sqrt{\frac{2\Sigma(v^2)}{m-1}} = 5''75$$

mit den Grenzen 6·44 und 5·06, wobei die Anzahl der entfallenden Beobachtungsfehler von bestimmten Grössen, nach der Theorie und dem Versuche in sehr befriedigender Übereinstimmung stehen.

Es ist demnach gestattet, die Angaben des Instrumentes ohne einen erheblichen Fehler zu befürchten, unmittelbar in Rechnung zu bringen.

Zweifach ameisensaures Kupferoxyd.

$$\dot{Cu} . 2\ddot{Fo} + 4aq.$$

Aus einer sehr sauer gehaltenen Mischung von 2 Äquivalenten ameisensaurem Strontian und 1 Äquivalente ameisensaurem Kupferoxyd bilden sich gleichzeitig Krystalle von ameisensaurem Kupferoxyd-Strontian und von zweifach ameisensaurem Kupferoxyd. In 100 Theilen des letzteren, bisher noch nicht dargestellten Salzes, fand K. R. v. Hauer 26·7 $\dot{Cu}$ und stellte demnach für dasselbe die obige Formel auf, entsprechend der Zusammensetzung

$\dot{Cu}$ =	40 . . .	26·66
$2\ddot{Fo}$ =	74 . . .	49·33
4aq. =	36 . . .	24·00
	150	99·99

Das Materiale, welches ich zur krystallographischen Untersuchung erhielt, bestand in 11 Krystallen, darunter mehrere nur theilweise zur Messung geeignet; ich war daher um so mehr gehalten, sämmtliche messbare Winkel, im Ganzen 106, zu bestimmen, um befriedigende Resultate zu erhalten.

Das zweifach ameisensaure Kupferoxyd krystallisirt im klinorhombischen Systeme [1]). Die schön blauen, durchsichtigen Krystalle erscheinen als sechsseitige Täfelchen — deren grösste, mir vorliegenden, in der Fläche $6^3/_4$ und 5 Millimeter, und in der Dicke $2^1/_4$ Millimeter messen — durch das Vorherrschen des basischen Pinakoides {001}, dessen eine, die Auflagerungsfläche der Krystalle, stets nach den Diagonalen des Sechseckes eingetieft ist, während die jenseitige entweder sechsseitige Täfelung oder Gruppen aufsitzender sechsseitiger Blättchen zeigt.

Die seitlich die Täfelchen begrenzenden Flächen sind weit ebener ausgebildet und geben daher im Allgemeinen weniger von einander abweichende Winkelwerthe, sobald sie eine hinreichende

[1]) A. Handl betrachtet a. a. O. die Krystallformen der Seite 2 genannten Salze, welchen die hier besprochenen nahe stehen, als orthorhombische mit tetraëdrischer Hemiëdrie, eine Annahme, welche insoferne zulässig war, als die Messungen von Heusser, Kopp und Handl in Beziehung auf die hier entscheidenden Winkel von {111} : {110} und {$\bar{1}$11} : {$\bar{1}$10} nur unvollständig vorlagen. Nach den Resultaten, welche ich erhielt, dürfte aber das klinorhombische System der Krystalle, abgesehen davon, dass die Fläche (001) bei Handl den Index π (170) erhält — nicht fraglich scheinen.

Ausdehnung besitzen. Von den letzteren erscheinen in den einfachsten Combinationen die 4 Flächen des Prisma {110} stets vollzählig und die beiden Flächen des rückwärtigen Hemidoma {$\bar{2}$01} (Taf. I, Fig. 2). Häufig treten noch hinzu als schmale Abstumpfungen der vorderen und rückwärtigen scharfen Kante zwischen {001} und {$\bar{2}$01} die Flächen des Orthopinakoides {100}; dagegen sind nur ausnahmsweise und sehr schmal die Hemipyramiden {111} und {$\bar{1}$11}, und von diesen wieder {111} meist allein zu bemerken (Fig. 3 und 4).

Demnach sind, nach der Häufigkeit ihres Auftretens geordnet, die am zweifach ameisensauren Kupferoxyde beobachteten Flächen:

nach Miller: {001}, {$\bar{2}$01}, {110}, {100}, {111}, {$\bar{1}$11}
„ Naumann: 0P, $2P_{\infty}$, $_{\infty}P$, $_{\infty}P_{\infty}$, —P, P.

In die stereographische Projection (Fig. 1) sind ausser den genannten Flächen noch aufgenommen (010), (101), ($\bar{1}$01) und (011) und durch Klammern von den Flächen der Krystalle unterschieden.

Die Berechnung der in der Tabelle verzeichneten Winkelwerthe stützt sich auf die folgenden verlässlicheren Resultate:

001 : $\bar{2}$01 = 65° 39′
001 : 100 = 83 31
110 : 100 = 52 45

für welche die Zahl von 9, 7 und 18 zum Theil vorzüglichen Messungen vorlag. Die Rechnung wäre einfacher von den Winkeln (111) zu (001) oder (110) ausgegangen, für diese war aber nur eine geringe Anzahl nicht sehr verlässlicher Messungen vorhanden. Eben so musste der Winkel (110):($\bar{1}$10) erhalten aus 16 Beobachtungen, von denen mehrere zu den besten zählen, als Basis der Berechnung entfallen, da sich seine Hälfte mit dem obigen (110):(100) zu 90° ergänzt.

Für die vollständige klinorhombische Pyramide {$\bar{1}$11}, {111} oder $\pm$P, mit den Winkeln der

vorderen klinodiagonalen Polkante = 100° 44′
rückwärtigen „ „ = 94 18
orthodiagonalen „ = 120 2
Mittelkante = 111 32

ist das Verhältniss der Längen der Klino- und Ortho-Diagonale und der Hauptaxe

$$a : b : c = 1{\cdot}3238 : 1 : 1{\cdot}1765$$

und der Winkel der Hauptaxe und Klinodiagonale

$$C = 83° 31′$$

Winkel der Normalen

der Flächen	Gerechnet	Gemessen			Zahl der Messungen
		Gewichtsmittel	Z	Grenzwerthe	
001 : 100	—	83°31′	7	83°15′ — 83°51′	8
001 : $\bar{1}00$	96°29′	—	—	—	—
001 : 010	90	—	—	—	—
101 : 001	38 44	—	—	—	—
101 : 100	44 47	—	—	—	—
$\bar{1}01$: 001	44 29	—	—	—	—
$\bar{1}01$: $\bar{1}00$	52 0	—	—	—	—
$\bar{2}01$: 001	—	65 39	9	65 15 — 66 9	10
$\bar{2}01$: $00\bar{1}$	114 21	114 6	7	113 51 —114 34	7
$\bar{2}01$: $\bar{1}00$	30 50	30 30	6	29 37 — 30 46	7
$\bar{2}01$: $\bar{1}10$	58 42	—	—	—	—
110 : 001	86 5	85 50	10	85 13 — 86 30	10
110 : 100	—	52 45	18	52 17 — 53 11	19
110 : 010	37 15	—	—	—	—
$\bar{1}10$: 001	93 55	93 57	10	93 21 — 94 10	10
110 : $1\bar{1}0$	105 30	—	—	—	—
110 : $\bar{1}10$	74 30	74 30	16	74 4 — 75 32	20
111 : 001	53 4	53 8	4	52 30 — 53 25	5
$\bar{1}11$: 001	58 28	—	—	—	—
111 : 100	56 51	—	—	—	—
$\bar{1}11$: $\bar{1}00$	63 11	—	—	—	—
111 : 010	50 22	—	—	—	—
$\bar{1}11$: 010	47 9	—	—	—	—
111 : 101	39 38	—	—	—	—
$\bar{1}11$: $\bar{1}01$	42 51	—	—	—	—
$\bar{1}11$: $\bar{2}01$	78 59	—	—	78°53′	1
111 : 011	28 54	—	—	—	—
$\bar{1}11$: 011	31 4	—	—	—	—
111 : 110	33 1	32 55	5	31 13 — 33 56	6
$\bar{1}11$: $\bar{1}10$	35 27	35 24½	—	35 20 — 35 29	3
111 : $\bar{1}11$	59 58	—	—	—	—
111 : $1\bar{1}1$	79 16	—	—	—	—
$\bar{1}11$: $\bar{1}\bar{1}1$	85 42	—	—	—	—
$\bar{1}11$: $1\bar{1}1$	111 32	—	—	—	—

Die Krystalle sind parallel dem Orthopinakoide vollkommen spaltbar.

Ameisensaurer Kupferoxyd-Strontian.

$$\left.\begin{matrix} 2\dot{S}r \\ \dot{C}u \end{matrix}\right\} 3\ddot{F}o + 8\ aq.$$

Erhalten aus einer Lösung von 2 Äquivalenten ameisensaurem Strontian und 1 Äquivalente ameisensaurem Kupferoxyd. Als Ergebnisse der Analyse theilte K. R. v. Hauer mit:

		Berechnet	Gefunden
2 $\dot{S}r$	= 102 . . .	31·38 . . .	30·58
1 $\dot{C}u$	= 40 . . .	12·30 . . .	12·01
3 $\ddot{F}o$	= 111 . . .	34·15	
8 aq.	= 72 . . .	22·15	
	325	99·98	

Die rein- bis grünlich-blauen Krystalle dieses Salzes gehören in das anorthische System, bezeichnet durch das Längenverhältniss der Brachi- und Makrodiagonale und der Hauptaxe

$$a : b : c = 0·7436 : 1 : 1·0103$$

und die Winkel der Makrodiagonale und Hauptaxe

$$yz = 104° 43' 54'',$$

der Brachidiagonale und Hauptaxe

$$xz = 95° 52' 11'',$$

der Brachidiagonale und Makrodiagonale

$$xy = 88° 18' 7'',$$

in dem Octanten der linken obern Viertels-Pyramide.

Die einfachsten Combinationen, an den kleinsten Krystallen beobachtet, bestehen aus den 3 Pinakoiden {001}, {100} und {010} — von welchen das letztere stets vorherrschend ausgedehnt, die Tafelform bedingt. Stellt man die Krystalle dieser Bezeichnung entsprechend auf, dass eine breite Fläche vorne steht, so bildet sie mit der obern Endfläche einen Winkel von 104° 38', mit der seitlichen links einen Winkel von 89° 47', während die obere und die seitliche Endfläche links unter 95° 37' zusammenstossen. Es findet demnach auch hier, wie ich am essig-salpetersauren Strontian beobachtet [1]), eine Annäherung des Winkels zweier Pinakoide an einen Rechten Statt, und könnte bei oberflächlicher Untersuchung die Deutung des Systemes als diklinorhombisches veranlassen, wozu hier überdies noch das Auftreten der beiden Flächenpaare des Prisma's mit entsprechend nicht bedeutenden Differenzen der Neigung zu den anliegenden

[1]) Diese Sitzungsberichte, Bd. XLI, S. 517.

Pinakoiden (52° 27′ und 52° 43½′, dann 37° 19¾′ und 37° 29′) verleiten würde.

Gewöhnlich sind die Kanten zwischen den benachbarten Pinakoiden abgestumpft, durch die häufiger und breiter ausgebildeten Flächen des vorderen Hemidoma $\{011\}$ und der linken Prismahälfte $\{\bar{1}10\}$ und durch die seltener und schmaler erscheinenden Flächen des rückwärtigen Hemidoma $\{0\bar{1}1\}$ und des rechten Prismapaares $\{110\}$, zu welchen sich zuweilen noch rechts oben das Hemidoma $\{102\}$ gesellt. Nur ausnahmsweise fehlen an den Tafelecken, links, oben und rückwärts, kleine skalenische Dreieck- oder Trapezflächen, welche der Viertelspyramide von halber Axenhöhe $\{\bar{1}\bar{1}2\}$ angehören. Hingegen beobachtete ich nur an einigen Krystallen, den grössten der untersuchten Tafeln bis 20 Millimeter hoch, 17 Millimeter breit und 5 Millimeter dick — rechts, oben, seitlich — die beiden Hemidomen $\{102\}$ und $\{101\}$ und rückwärts die Viertelspyramide $\{1\bar{1}1\}$. Die Figuren 2 und 3, Taf. II zeigen einfachere Fälle in der Ansicht von oben, Fig. 4 *a*—*c* die flächenreichste Combination in Ansichten von oben, vorne und seitlich. Fig. 1 gibt eine stereographische Projection sämmtlicher beobachteter Flächen, bezeichnet

nach Miller:

$\{001\}$, $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{\bar{1}10\}$, $\{101\}$, $\{102\}$, $\{011\}$, $\{0\bar{1}1\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{\bar{1}\bar{1}2\}$

nach Naumann:

${}_{o}P$, $\infty P\bar{\infty}$, $\infty P\breve{\infty}$, $\infty P'_{,}$, $\infty_{,}'P$, ${}_{,}P'\bar{\infty}$, $\frac{1}{2}{}_{,}P'\bar{\infty}$, $'P'\breve{\infty}$, ${}_{,}P_{,}\breve{\infty}$, ${}_{,}P$, $\frac{1}{2}P_{,}$.

Die Indices aller Flächen mit Ausnahme von $\{102\}$ ergeben sich aus ihrer Lage in verschiedenen Zonen, von denen nur die wirklich beobachteten ausgezogen erscheinen.

Bei der höchst unvollkommenen Beschaffenheit der Krystallflächen war es trotz der Zahl von 237 vorgenommenen Einzelbestimmungen schwer, 5 grösseres Vertrauen verdienende Winkelmessungen auszuwählen, von welchen bei der Berechnung ausgegangen werden muss. Die Wahl der folgenden, für welche 12, 10, 11, 12 und 10 Einzelbestimmungen vorlagen, gab die mit den Messungen am meisten stimmenden Werthe:

$001 : 0\bar{1}0 = 104° 38′ 14″$
$001 : \bar{1}00 = 84\ 22\ 34$
$100 : 010 = 90\ 12\ 57$
$\bar{1}00 : \bar{1}10 = 37\ 29\ 20$
$0\bar{1}0 : 0\bar{1}1 = 52\ 1$ —

Aus diesen Annahmen folgen zunächst die Winkel des von den Polen der 3 Pinakoide (001), ($\bar{1}00$) und (010) gebildeten sphärischen Dreieckes

$$A = 75° 16' \; 6''$$
$$B = 84 \;\; 7 \;\; 49$$
$$C = 91 \;\; 41 \;\; 53$$

und dann die übrigen berechneten Winkel der Flächen-Normalen, welche in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Winkel der Normalen

der Flächen	Gerechnet	Gemessen			Zahl der Messungen
		Gewichts-Mittel	Z	Grenzwerthe	
001 : 100	95°37′ 26″	95°36′ 9″	9	95°20′ — 95°59′	12
001 : $0\bar{1}0$	—	104 38 14	12	104 4 — 105 0	19
100 : $0\bar{1}0$	—	90 12 57	11	90 6 — 90 21	15
$1\bar{1}0$: 001	103 20 12	—	—	103°24′	1
$1\bar{1}0$: $0\bar{1}0$	52 43 37	52 41 24	5	52 25 — 53 0	14
$1\bar{1}0$: 100	—	37 29 20	12	37 18 — 37 39	16
$1\bar{1}0$: $0\bar{1}1$	72 1 35	—	—	72°24′	1
$0\bar{1}1$: $0\bar{1}0$	—	52 1 0	10	51 29 — 52 52	10
$0\bar{1}1$: 001	52 37 14	52 24 54	7	52 8 — 52 54	9
$0\bar{1}1$: 100	94 45 24	94 35 0	2	94 24 — 94 47	2
101 : $0\bar{1}0$	99 26 4	—	—	—	—
101 : 001	56 20 59	—	—	56° 0′	1
101 : 100	39 16 27	39 20 0	1	39 20 — 39 36	2
101 : $0\bar{1}1$	71 31 46	—	—	—	—
102 : $0\bar{1}0$	102 54 56	—	—	—	—
102 : 001	34 58 8	34 56 20	2	33 49 — 36 6	4
102 : 100	60 39 18	60 38 0	1	60 38 — 61 25	3
102 : 101	21 22 51	—	—	22° 2′	1
$1\bar{1}1$: $0\bar{1}0$	64 14 11	—	—	63 55	1
$1\bar{1}1$: 001	68 56 31	—	—	68 57	1
$1\bar{1}1$: 100	45 14 29	45 19 0	2	45 11 — 45 27	2
$1\bar{1}1$: $1\bar{1}0$	34 23 41	—	—	34°30′	1
$1\bar{1}1$: $0\bar{1}1$	49 30 55	49 18 0	1	49 15 — 49 18	2
$1\bar{1}1$: 101	35 11 53	—	—	—	—
001 : 010	75°21′46″	75°23′ 9″	12	75°13′ — 75°38	17
010 : 100	89 47 3	89 46 27	13	89 14 — 89 55	21
110 : 001	85 40 5	—	—	—	—

der Flächen	Gerechnet	Gemessen			Zahl der Messungen
		Gewichts-Mittel	Z	Grenzwerthe	
110 : 010	52°27'18"	51°42'28"	4	51°22' — 51°50'	6
110 : 100	37 19 45	38 2 0	3	37 32 — 38 40	6
110 : 101	44 30 23	—	—	—	—
011 : 010	37 30 5	37 27 0	6	36 45 — 37 54	11
011 : 001	37 51 41	37 43 36	11	36 59 — 38 41	13
011 : 100	93 23 53	—	—	—	—
101 : 010	80 33 56	—	—	—	—
102 : 010	77 5 4	—	—	—	—
$\bar{1}00$: 001	—	84°22′ 34″	10	84° 8′ — 84°38′	12
$\bar{1}10$: 001	76°39′ 38″	—	—	—	—
011 : $\bar{1}00$	86 36 17	—	—	—	—
$\bar{1}\bar{1}0$: 001	94°19′ 55″	—	—	94°10′ 40″	1
$\bar{1}\bar{1}0$: $0\bar{1}1$	63 57 51	—	—	—	—
$0\bar{1}1$: $\bar{1}00$	85 14 36	—	—	85°13′	1
$\bar{1}\bar{1}2$: $0\bar{1}0$	78 20 42	78°19′ 45″	4	78° 5′ — 78°45′	8
$\bar{1}\bar{1}2$: 010	101 39 18	101 31 24	4	100 35 —102 48	6
$\bar{1}\bar{1}2$: 001	41 24 30	41 2 40	6	40 58 — 41 8	7
$\bar{1}\bar{1}2$: $\bar{1}00$	52 42 33	52 37 37	7	52 31 — 53 15	7
$\bar{1}\bar{1}2$: $\bar{1}\bar{1}0$	52 55 25	52 32 50	2	52 0 — 53 6	2
$\bar{1}\bar{1}2$: $0\bar{1}1$	38 58 9	—	—	38°35′	1
$\bar{1}\bar{1}2$: $\bar{1}10$	69 0 16	—	—	69 1	1

Die Krystalle sind vollkommen spaltbar parallel dem Brachipinakoide, minder vollkommen parallel dem Makropinakoide.

Fig. 2.

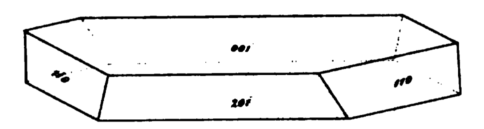


Fig. 3.

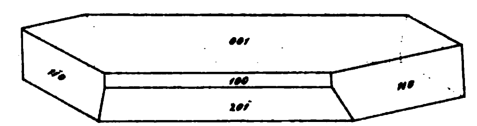


Fig. 4.

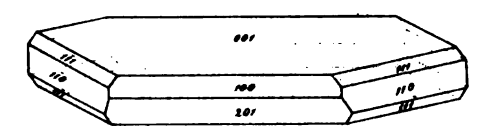
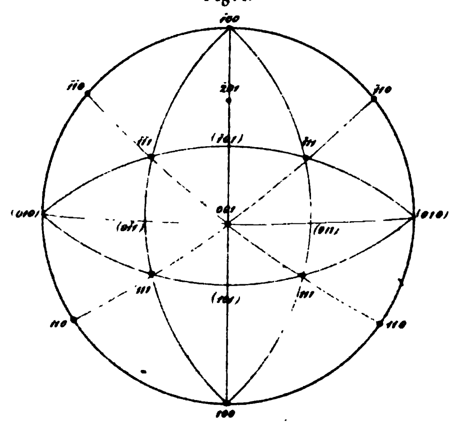
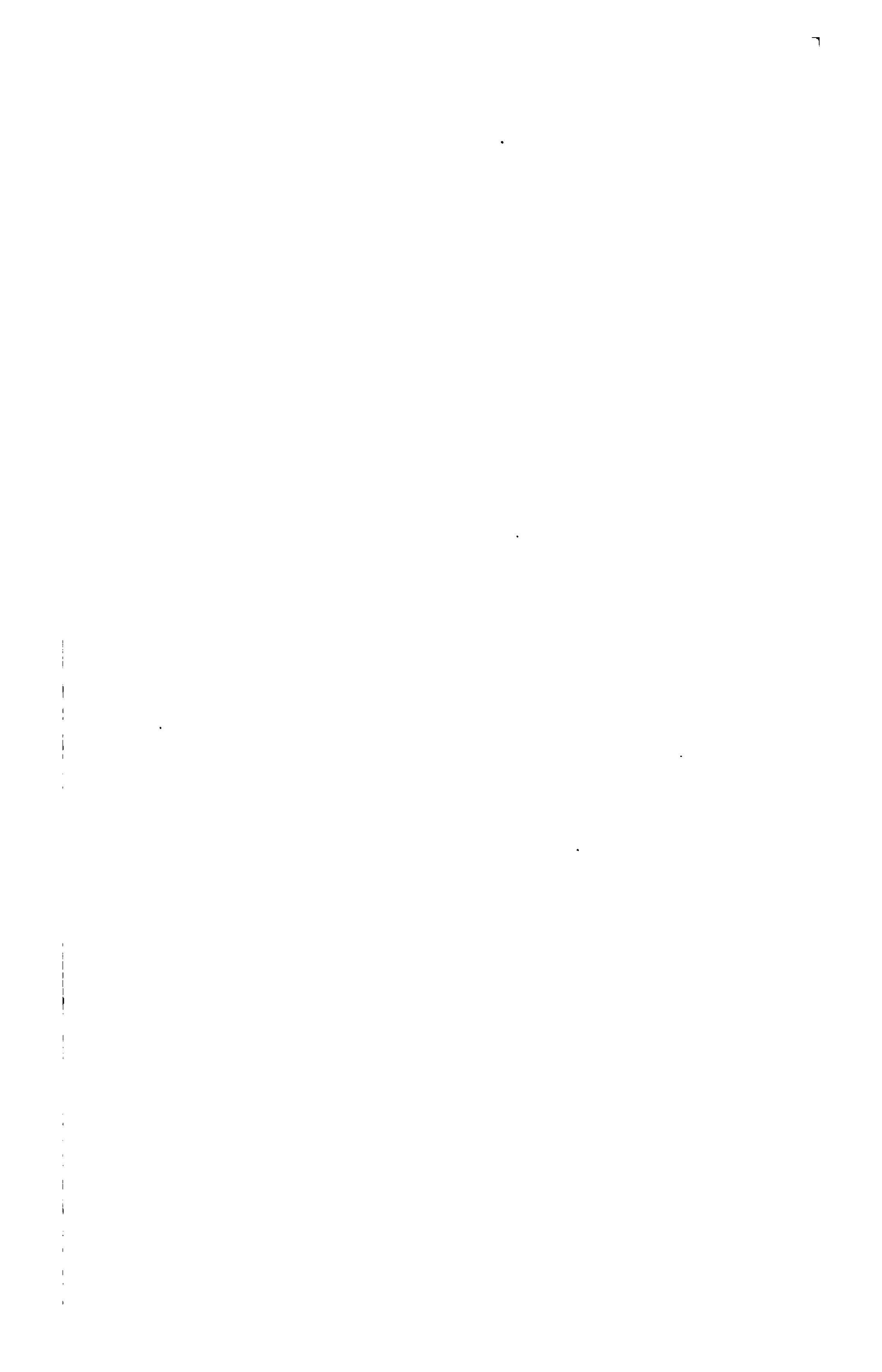
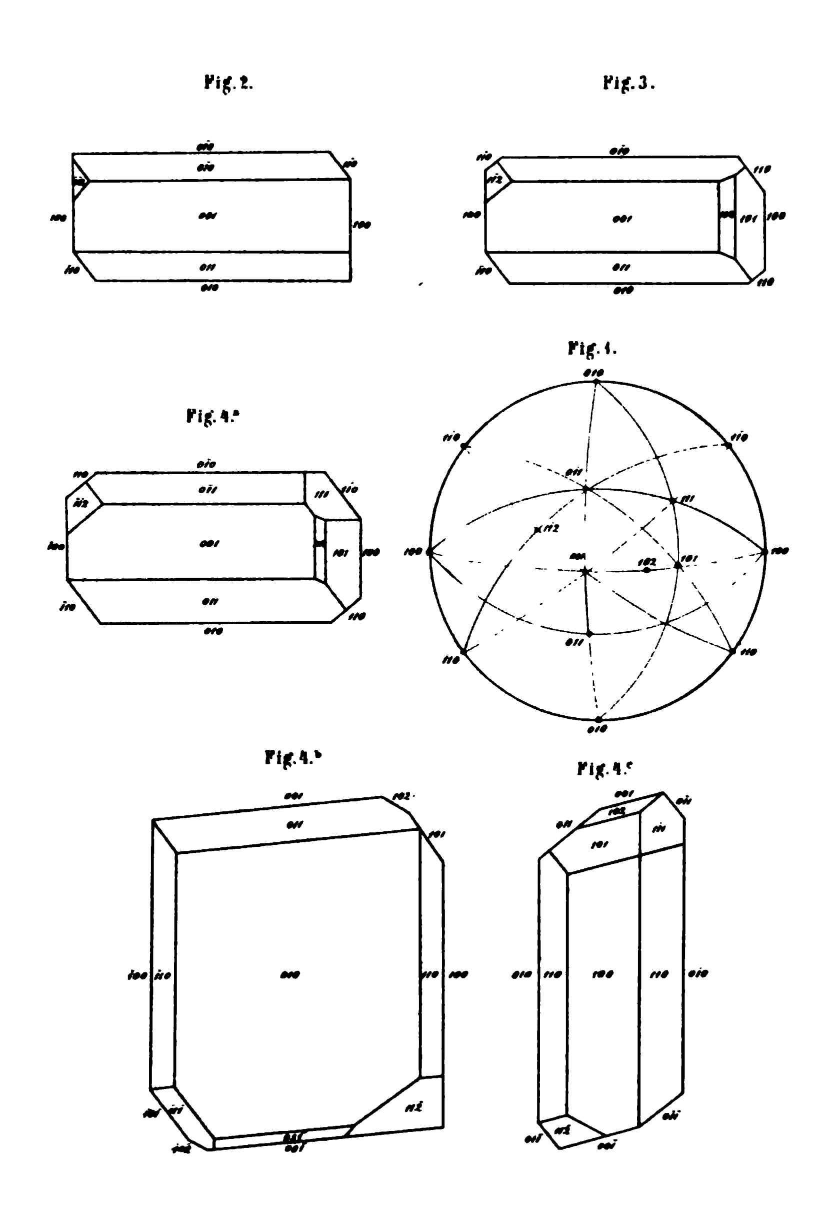
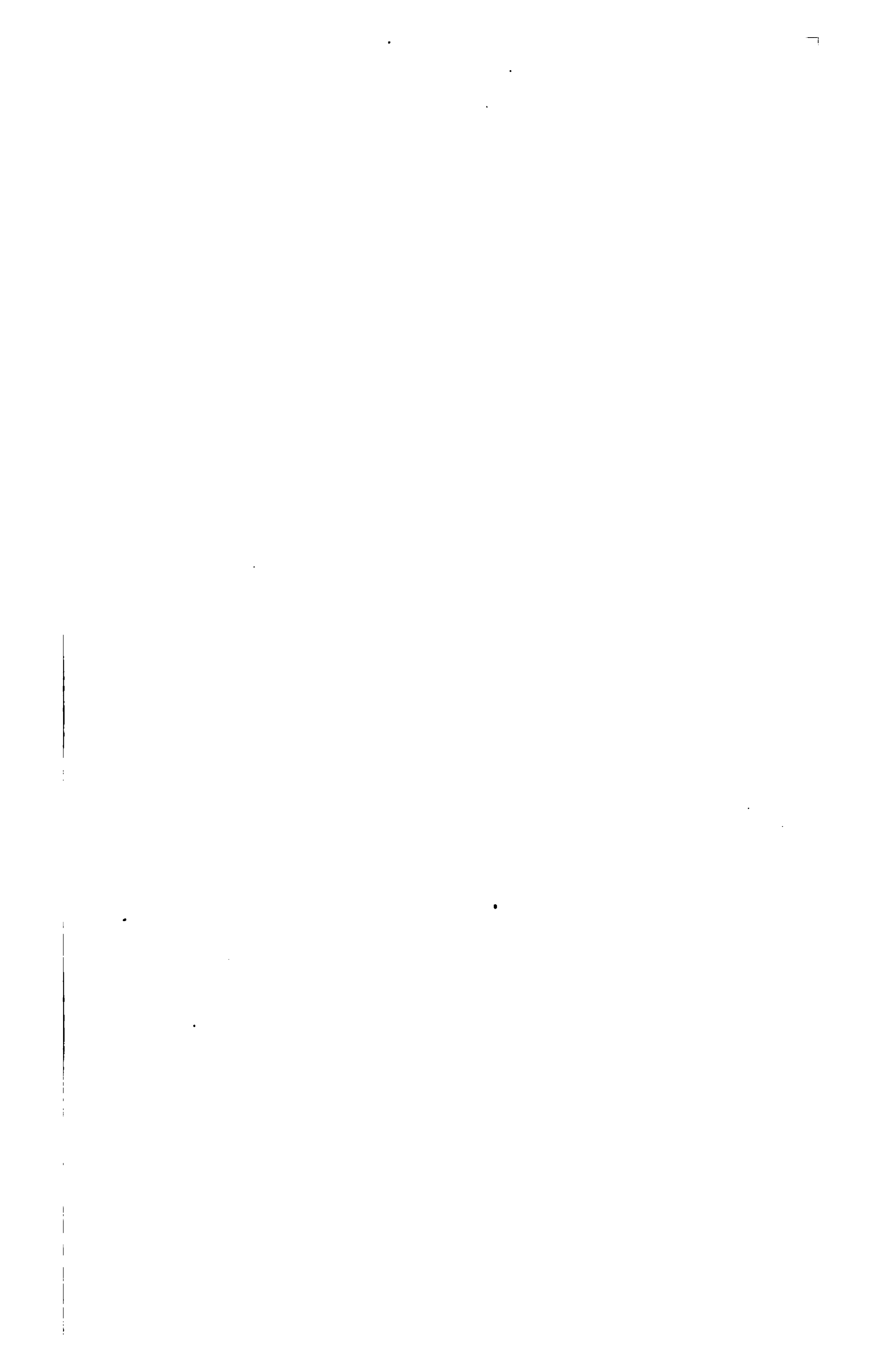


Fig. 1.






Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 1.
Fig. 4.a
Fig. 4.b
Fig. 4.c



Über verschiedene Legirungen des Zinnes mit Blei, und insbesondere über die Auflöslichkeit des Bleies durch Essigsäure aus dem mit Blei versetzten Zinn.

Von **Dr. Adolf Pleischl,**

k. k. Regierungsrathe, emeritirtem Professor der Chemie.

In den meisten Lehr- und Handbüchern der Chemie findet man angegeben: „dass das Blei aus seinen wässerigen Auflösungen durch Zinn metallisch, in Dentriten, gefällt werde“ und Proust (Gehlen's allgemeines Journal der Chemie, Bd. 3, S. 146) behauptet: „dass das Blei, welches sonst im Essig leicht auflöslich ist, in Verbindung mit Zinn gar nicht aufgelöst werde.“

Diese beiden Behauptungen verdienen wohl eine nähere Prüfung und zwar um so mehr, als sie selbst noch gegenwärtig für richtig gehalten werden wie unter andern aus Regnault's Lehrbuch der Chemie (übersetzt von Strecker 1858, Bd. I, S. 530) zu ersehen ist, wo es heisst, dass nebst Eisen und Zink auch Zinn das Blei aus der Lösung der Bleisalze fällt, und weil sie einen Gegenstand betreffen, der für die öffentliche Gesundheitspflege von Wichtigkeit ist.

Zuerst entsteht die Frage „ob es denn wahr sei, dass Blei aus seinen wässerigen Auflösungen durch Zinn metallisch gefällt werde, zu deren Beantwortung folgende Versuche angestellt wurden.

I. Versuche mit essigsaurem Bleioxyd.

1. Essigsaures Bleioxyd wurde zuerst und zwar 1 Theil in 10 Theilen destillirten Wassers gelöst, die filtrirte Lösung zur Vertreibung der atmosphärischen Luft bis zum Kochen erbitzt, dann ein Fläschchen damit ganz voll gefüllt, und ein von allen Seiten blankes Stück Zinn hineingehängt und das Fläschchen mit einem Korkstöpsel wohl verschlossen.

Das Zinnstückchen war nach 8 Wochen noch ebenso blank, wie vor dem Einsenken. Die Bleilösung blieb ebenfalls ganz unverändert; es ist also keine Spur von Blei ausgeschieden worden.

Eine Lösung von 1 Theil Blei und 6 Theilen Bleizucker zeigte dasselbe Verhalten.

Nach 14 Tagen war alles noch ganz von derselben Beschaffenheit, wie nach 24 Stunden und blieb auch so nach 6 Wochen noch.

Der Versuch mit dem eingesenkten blanken, metallisch glänzenden Zinnstängelchen in eine Lösung des essigsauren Bleioxydes wurde öfters mit verschiedenen Abänderungen wiederholt, aber der Hauptsache nach immer dasselbe negative Resultat erhalten, d. h. es wurde niemals Blei abgeschieden.

Auch eine Lösung von 1 Theil Bleizucker in 3 Theilen Wasser, liess das Zinnstängelchen eben so metallisch glänzend und blieb ganz unverändert.

2. Nun wurde umgekehrt eine sehr verdünnte Lösung des Bleisalzes, bestehend aus 1 Gewichtstheil Bleizucker und 288 Gewichtstheilen Wasser genommen und in einen rein gescheuerten blanken Becher aus Feinzinn, der mit einem Deckel leicht zugedeckt wurde, gebracht.

Bemerkt muss werden, dass die Bleioxydlösung mit Goldchlorid versetzt, eine Spur einer Zinnreaction zeigte.

Die Temperatur wechselte während des Versuches zwischen 15 und 25° C.

Nach achttägigem Stehen war die Flüssigkeit noch hell, klar und durchsichtig und die verhältnissmässig grosse Oberfläche des Bechers nicht im Geringsten verändert.

Die Flüssigkeit gab alle Reactionen der Bleisalze; die Spur der Reaction auf Zinnoxydul war, was bemerkenswerth ist, gänzlich verschwunden.

Nach 12 Wochen, wo dann der Versuch beendigt wurde, waren alle Erscheinungen dieselben.

Derselbe Versuch wurde nun mit concentrirter Bleizuckerlösung (1 : 6) wiederholt. Es traten der Hauptsache nach dieselben Erscheinungen wie früher ein, nur hatte sich die Oberfläche der Flüssigkeit mit einem weisslichen, mitunter schillernden Häutchen überzogen, das theils aus sehr kleinen Kryställchen von essigsaurem Bleioxyd, theils aus kohlensaurem Bleioxyd bestand.

Die im Becher befindliche Flüssigkeit enthielt nach 17 Tagen nicht eine Spur von Zinn, während die Bleireactionen noch dieselben waren.

3. Auch der Fischer'sche Versuch (Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. 20, S. 51) wurde wiederholt. Es wurde eine stark concentrirte Lösung von essigsaurem Bleioxyd mit Essigsäure angesäuert und eine blanke Zinnplatte so hineingestellt, dass ein Theil derselben aus der Flüssigkeit herausragte. Das Gefäss blieb offen.

Der Erfolg liess sich im Voraus vermuthen.

Man sah wohl sehr bald, dass Zinn aufgelöst wurde, indem die vorher klare, ungefärbte Flüssigkeit zu opalisiren anfing, sich trübte, milchig wurde und mit Goldchloridlösung einen schönen Goldpurpur erzeugte, allein die Zinnplatte blieb dessenungeachtet blank und von ausgeschiedenem metallischen Blei war nicht die geringste Spur zu bemerken. — Da das Gefäss offen stand, und die Temperatur des Gemaches zwischen 18 und 25° C. war, so sah man wohl bald an der Zinnplatte dort, wo sich Flüssigkeit und atmosphärische Luft berührten, Krystalle sich bilden, die sich nach und nach vermehrten, aber die Zinnplatte blieb blank und von metallischem Blei war nichts zu bemerken, selbst dann nicht, als die ganze Flüssigkeit verdampft und die ganze Zinnplatte mit Bleizucker-Krystallen bedeckt war.

Die Zinnplatte war wohl etwas matt geworden, wie das nicht anders sein kann, da eine Flüssigkeit an ihr verdampfte.

Die Salzmasse, vorsichtig von der Zinnplatte herabgenommen, löste sich in Wasser zu einer trüben Flüssigkeit, die stark auf Blei reagirte.

Dass Zinn gelöst wurde, ist in diesem Versuche blos der Einwirkung der freien Essigsäure zuzuschreiben, und würde auch erfolgt sein, wenn von essigsaurem Bleioxyd auch keine Spur dagewesen wäre. Der Versuch zeigt also, dass auch unter diesen Umständen das Blei durch Zinn nicht ausgeschieden wurde.

Um jeden Zweifel zu beseitigen, wurde der Versuch mit einer verdünnteren Lösung wiederholt, indem 1 Gewichtstheil essigsauren Bleioxydes in 20 Gewichtstheilen destillirten Wassers aufgelöst und diese Lösung mit Essigsäure versetzt wurde.

Die Bleisalzlösung gab vor dem Hineinbringen der Zinnplatte, mit Goldchlorid versetzt, eine Spur von Zinnoxydul zu erkennen.

Nach längerer Einwirkung der angesäuerten Flüssigkeit auf das Zinn löste sich wohl etwas davon auf, allein die Platte blieb rein, selbst dann noch, als nach 8 Wochen das Bleisalz nach dem Verdunsten der Flüssigkeit herauskrystallisirt war.

4. Um zu sehen, ob nicht etwa eine lang anhaltende Berührung und Einwirkung von Einfluss sei, wurde ein blankes Zinnstängelchen in eine Bleizuckerlösung gehängt und das Glasfläschchen verschlossen. — Selbst nach zwei Jahren zeigte das Zinnstäbchen in seinem Metallglanze und seiner Farbe nicht die geringste Veränderung.

Die bisher angeführten Versuche beweisen unwidersprechlich, dass das Blei aus seiner Verbindung mit Essigsäure (aus dem Bleizucker) durch das Zinn nicht abgeschieden wird.

II. Versuche mit salpetersaurem Bleioxyd.

5. 1 Theil krystallisirtes, salpetersaures Bleioxyd wurde in 6 Theilen ausgekochten und wieder erkalteten destillirten Wassers aufgelöst, filtrirt, ein blankes Zinnstäbchen hineingehängt und das Fläschchen gut verschlossen.

Die salpetersaure Auflösung war sauer.

Nach kurzer Zeit fing die Flüssigkeit an, sich zu trüben und es setzte sich ein gelblich weisses Pulver ab.

Das Zinnstängelchen blieb an jenen Stellen, die von dem sich abscheidenden Pulver nicht bedeckt waren, selbst nach 48 Stunden rein und blank.

6. Wurde dieselbe Auflösung in einem weiten offenen Glase so mit einer Zinnstange in Berührung gebracht, dass ein Theil desselben über die Flüssigkeit hervorragte, so blieb es ebenfalls unverändert, aber es setzte sich ein geringer, gelblich weisser Niederschlag zu Boden, das Zinnstängelchen erschien nach einigen Tagen gelblich, jedoch noch metallisch glänzend.

Nach 11 Tagen war (bei der Sommertemperatur) ein Theil des salpetersauren Bleioxydes herauskrystallisirt, der in der Flüssigkeit eingetauchte Theil des Zinnstäbchens zeigte noch immer Metallglanz.

An einigen Stellen hatte sich eine sehr geringe Menge eines schwarzen Pulvers abgeschieden, das aber aus Wismuth bestand, der im salpetersauren Bleioxyd enthalten war.

Es wird also auch in diesem Falle das Blei aus einer salpetersauren Auflösung durch Zinn nicht gefällt; denn nach eilftägiger Einwirkung des Zinnes war davon in der Bleiauflösung durch Goldsalz keine Spur zu entdecken.

III. Versuche mit salpetersaurem Zinnoxydul.

7. Es wurde nun der Versuch umgekehrt und eine Lösung von salpetersaurem Zinnoxydul angewendet.

An dem in der Flüssigkeit hängenden Blei wurden allmählich Blättchen sichtbar und nach 24 Stunden war der Boden des Fläschchens mit einem etwas schmutzig weissen lockeren Niederschlag bedeckt; nach 2 Tagen war über dem schmutzig weissen ein zweiter milchweisser, noch lockrerer Niederschlag bemerkbar und als die überstehende klare Flüssigkeit abgegossen und mit Reagentien geprüft wurde, fand man keine Spur mehr von Zinn darin, wohl aber eine reichliche Menge Blei aufgelöst.

IV. Versuche mit Zinnchlorür.

8. Um der so leicht oxydirenden Salpetersäure auszuweichen und einen metallischen Niederschlag zu erhalten, wurde eine Zinnsalzlösung genommen und ein blankgeschabtes Bleistängelchen hineingehangen.

Nach kurzer Zeit war dieses Stäbchen mit einem schwarzen Überzuge bedeckt, der nach einigen Stunden schon so häufig war, dass er sich durch seine eigene Schwere von dem Bleistäbchen losriss und als schwarzes Pulver zu Boden sank, das metallisches Zinn war.

9. Den Erfolg der bisher erzählten Versuche erwartete ich wohl, obgleich er den oben aufgestellten und auf Proust's, Gummi's, Fischer's und Anderer Autorität gestützten Satz: „dass die chemische Verwandtschaft des Zinnes zum Sauerstoffe unter Mitwirkung der Säure grösser sei, als jene des Bleies“ geradezu als unrichtig darstellt, indem hier gerade das Gegentheil von dem erfolgte, was hätte geschehen müssen, wenn derselbe richtig wäre.

Es ist somit die Unstatthaftigkeit des Fundamental-Versuches, auf welchen die oben genannten Chemiker und Andere sich stützen, erwiesen.

10. Da nach meinen obigen Versuchen das Blei aus seinen Auflösungen in Säuren durch Zinn nicht, wohl aber das Zinn durch das Blei ausgeschieden wird, so war es wichtig, zu ermitteln, wie sich die Legirungen beider Metalle gegen die Säuren und vorzüglich gegen die Essigsäure verhalten, und zwar um so mehr, als Proust behauptet, „dass das Blei, welches sonst im Essig leicht auflöslich ist, in Verbindung mit Zinn gar nicht aufgelöst wurde."

Auch nach Fischer „bildet sich keine Spur von einer Bleiauflösung, wenn beide Metalle zusammengeschmolzen sind; selbst dann nicht, wenn das Verhältniss des Bleies zum Zinn = 1 : 1 ist".

Ich komme somit jetzt zu der Erörterung der Frage: „Ob denn das Blei aus Legirungen desselben mit Zinn durch Essigsäure wirklich nicht aufgelöst werde?"

Um einige Gleichförmigkeit zu erreichen, waren alle Legirungen mit denen Versuche angestellt werden sollten, und deren waren 10, über denselben Kern in Becherform gegossen worden, und waren daher geeignet den sauren Flüssigkeiten eine grosse, nahezu gleichgrosse Oberfläche zur Einwirkung darzubieten.

Alle 10 Becher wurden gereinigt, mit gleicher Menge destillirten Essigs von 1·005 Dichte gefüllt, und leicht bedeckt, bei 16—21° R. stehen gelassen.

Mit jedem Becher wurden 4 Versuche angestellt. Beim ersten blieb die Essigsäure durch drei Tage; beim zweiten durch 18 Stunden, und beim dritten Versuche durch 12 Stunden in dem Becher; beim vierten Versuche endlich wurde die Säure, und zwar 14 Loth, durch eine halbe Stunde im Becher gekocht und dann sogleich daraus entfernt. Die Bestimmungen von Zinn und Blei geschahen nach den bekannten Methoden.

11. Becher Nr. 1, Zinn 97, Blei 3, dem 4 stempligen in Schweden gleich. Dichte = 7·581. Es ergab sich, dass in allen Fällen nebst Zinn auch Blei aufgelöst wurde.

Dasselbe fand beim Becher Nr. 2, Zinn 95, Blei 5. Dichte = 7·519 statt Becher Nr. 3, Zinn 90, Blei 10. Dichte = 7·550. Die uralte gesetzliche Legirung vom Jahre 1569 in Österreich.

Becher Nr. 4, Zinn 85, Blei 15. Dichte = 7·783. Die Legirung dieses Bechers ist also um 2 Procent besser, als das 3stemplige Zinn in Schweden.

Becher 5, Zinn 80, Blei 20. Dichte = 8·344. Die Legirung dieses Bechers ist also um 3 Procent schlechter, als das 3stemplige Zinn in Schweden.

Becher 6, Zinn 75, Blei 25. Dichte = 8·046.
„ 7, „ 70, „ 30. „ = 8·243.
„ 8, „ 50, „ 50. „ = 9·139.
„ 9, „ 25, „ 75. „ = 9·864.
„ 10 ganz aus Blei.

Alle Versuche mit diesen Bechern ergaben ganz unzweideutig, dass aus Legirungen des Zinnes mit Blei in sehr verschiedenen Verhältnissen, man könnte wohl sagen, in jedem Verhältnisse, selbst durch sehr schwache Essigsäure nicht blos Zinn, sondern stets auch Blei aufgelöst wird.

Dieses Ergebniss ist um so bemerkenswerther, als der allergrösste Theil dieser Versuche bei der gewöhnlichen Sommertemperatur der Luft und der Zimmer stattfand, und bei dem allerkleinsten Theile der Versuche wohl Kochhitze, aber nur durch eine halbe Stunde auf die Gefässe eingewirkt hat.

Ferner ergibt sich, dass, wie der Bleigehalt der Legirung zunimmt, auch mehr Blei daraus aufgelöst werde. Doch scheinen auch hier einige Sprünge statt zu finden, auf welche ich aufmerksam machen will, da ich selbst diesen Gegenstand nicht mehr weiter verfolgen kann.

12. Um einen anderen Theil des vorliegenden Gegenstandes zu erforschen und um die Frage: in welchem Verhältnisse die Abnutzung dieser verschiedenen Legirungen bei gleicher Behandlung erfolge, zu beantworten, wurde eine andere Reihe von Versuchen vorgenommen.

Es wurden einige möglichst gleich grosse Becher von käuflichem Zinn und von verschiedenen Legirungen gewählt, jeder Becher vorher gut gereinigt, dann genau gewogen und hierauf mit gleicher Menge reiner Essigsäure von 1·010 Dichte gefüllt, gleich lang bei derselben Lufttemperatur in Einwirkung gelassen, hierauf die saure Flüssigkeit entleert, das Gefäss vorsichtig gereinigt und auf die Wage gebracht und derselbe Versuch bei einigen Bechern viermal, bei anderen dreimal wiederholt.

Es stellte sich heraus, dass, wie auch oben schon bemerkt wurde, die Abnützung der Legirungen im Allgemeinen fast gleich-

förmig mit dem Bleizusatze steigt; bei dem ostindischen Zinn war die Abnützung = 0·0089 die geringste, bei der Legirung von 30 Bleigehalt unter denselben Umständen = 0·0139 die grösste.

Wenn nun der Fundamental-Versuch und der Fundamental-Satz (und als solcher muss die Behauptung von Proust angenommen werden) sich als unrichtig erweisen, so sind wohl auch alle daraus gezogenen Schlüsse und Folgerungen unrichtig.

Meine Versuche in der ersten Reihe haben lauter negative Resultate gegeben, das Blei wurde durch das Zinn nicht gefällt.

Die Resultate der zweiten Versuchs-Reihe sind aber positiv, und sprechen ganz deutlich aus: dass das Zinn aus seinen löslichen Verbindungen durch metallisches Blei gefällt werde und entweder metallisch (in schwarzgrauen Flocken, oder oxydirt als weisser Niederschlag) erscheine.

Die Ergebnisse der Versuche der ersten und zweiten Reihe sind wohl in theoretischer Hinsicht beachtenswerth, die der dritten Versuchs-Reihe sind aber für das praktische Leben von Wichtigkeit.

Wenn Vauquelin meint, dass der Weinessig auf das in den Legirungen befindliche Blei nur wenig wirke und ein Verhältniss von 17 — 18, Blei auf 83 — 82 Zinn keine nachtheiligen Folgen für die Gesundheit befürchten lasse; wenn Proust behauptet „dass das Blei, welches sonst in Essig leicht auflöslich ist, in Verbindung mit Zinn gar nicht aufgelöst werde“ und alle anderen Autoren sich in gleichem Sinne aussprechen, so beweisen die Versuche der dritten Reihe mit den verschiedenen Legirungen von 97 Zinn und 3 Blei anzufangen bis herab zu 50 : 50 und bis 25 Zinn und 75 Blei, dass destillirter Essig auflösend eingewirkt habe und zwar bei + 21° R.:

a) durch 3 Tage;
b) „ 18 Stunden bei derselben Temperatur;
c) „ 12 Stunden bei 20° R. und endlich
d) „ ½ Stunde im Becher gekocht und heiss ausgegossen; dass in allen diesen Versuchen jedesmal nebst Zinn auch Blei aus dem Becher aufgelöst worden war, wie die Reactionen unumstösslich beweisen.

Diese vier Versuche wurden in jedem einzelnen der oben angeführten Becher mit der angegebenen Legirung sorgfältig unter denselben Umständen angestellt und die Resultate unterliegen keinem Zweifel.

Es fand sich in allen sauren Flüssigkeiten aus den Bechern Zinn und Blei aufgelöst und die Menge des aufgelösten Bleies nahm zu, wie die Menge des Bleies in der Legirung des Bechers zunahm, was aus den deutlicher auftretenden Reactionen auf Blei zu ersehen war.

Auch die Abnützung stand damit im Einklange und Übereinstimmung, wie die Versuche in der vierten Reihe anschaulich machen.

Ich kann nicht unterlassen, hier noch folgende Thatsache anzuführen und zur reiflichen Erwägung anzuempfehlen.

Die Techniker wissen sehr gut, dass gewisse Farbenbrühen nur gelingen und schön ausfallen, wenn sie in reinem Zinngeschirre gekocht werden, aber missrathen und misslingen, wenn das Zinn des Kessels unrein ist.

Die Farbenbrühe ist also gewissermassen ein sehr empfindliches Reagens auf die Reinheit des Zinnes.

Sollte nun der menschliche Organismus nicht wenigstens ein eben so empfindliches Reagens sein, wie die Farbenbrühe? — Man sollte glauben, er dürfte unter beiden das empfindlichere sein.

13. In Bezug auf medicinische Polizei diente Österreich ehedem den Nachbarstaaten als Muster und Vorbild. Da obige Versuche unwiderleglich beweisen, dass aus den Legirungen von Zinn und Blei nebst Zinn auch Blei durch Essigsäure aufgelöst werde, so dürfte es wohl gerathen sein, die bisher bestehenden Gesetze, die vom Jahre 1770 herstammen, also auch nicht mehr jung sind „unverändert zu belassen", weil bei einer zu gestattenden Legirung von Zinn und Blei zu Ess- und Trinkgeräthen dem Unfug und Missbrauch Thür und Thor geöffnet werden würde. Oder soll man wieder zu den Gesetzen vor 1770 zurückkehren wollen?

Es dürfte im Gegentheile wünschenswerth sein, dafür zu sorgen, dass die bestehenden Gesetze den betreffenden Gewerbsleuten auf irgend eine Weise gehörig bekannt gemacht werden, und dass für strenge Befolgung derselben durch wiederholte Prüfung der in den Handel gebrachten Waare von Seite der Gemeindevorstehung gesorgt würde.

Endlich wäre noch zu erinnern, dass es sich hier nicht so sehr um das Quantum, als um das Quale handle; dass beim täglichen Genusse auch einer noch so geringen Menge eines schädlichen Stoffes doch eine entsprechende Wirkung erfolgen müsse;

dass es immer noch wahr sei: *Gutta cavat lapidem non vi, sed saepe cadendo.*

Schliesslich wäre es sehr in Erinnerung zu behalten, dass man es hier mit einem hinterlistigen Feinde zu thun habe; dass das Blei zu den schleichenden Giften gehöre und sich oft erst kund gibt, wenn es die innersten Wurzeln des Organismus bereits vergiftet hat.

XI. SITZUNG VOM 18. APRIL 1861.

Der Secretär legt die von dem österreichischen Reisenden, Herrn Hauptmann K. Friesach, eingesendete 3. Fortsetzung seiner geographischen und magnetischen Beobachtungen in der westlichen Hemisphäre, angestellt in den Jahren 1859, 1860 und 1861, welche den Schluss dieser Beobachtungen bildet, vor.

Herr Director K. Kreil überreicht eine Notiz als Nachtrag zu dem Aufsatze über Regentropfen und Schneeflocken, vom Kreisphysicus, Herrn Dr. Rohrer, in Lemberg.

Herr Dr. A. Boué liest ein an ihn gerichtetes Schreiben des Herrn de la Roquette in Paris, worin dieser die Herren Akademiker ersucht, ihm Briefe wissenschaftlichen Inhalts von Alex. v. Humboldt, die sich in ihrem Besitze befinden, oder Copien davon, behufs deren Veröffentlichung zu übermitteln.

Herr Hofrath W. Haidinger gibt Nachricht über das Meteoreisen aus der Nähe von Melbourne in Australien.

Herr Director K. v. Littrow überreicht eine Abhandlung des Herrn M. Allé: „Über die Bahn der Leda".

Herr Dr. G. Tschermak legt eine Abhandlung: „Die specifische Wärme bei constantem Volumen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. N. R. Band XLI, Heft 2 und 3. Leipzig und Heidelberg, 1861; 8°

Association, British —, for the advancement of Science, Reports of the I.—VIII. Meetings, 1835—1839 and of the XI.—XXIX. Meetings, 1841—1859. London, 1835—1860; 8°

Astronomische Nachrichten, Nr. 1279 & 1303. Altona, 1861; 4°

Austria, XIII. Jahrgang, XV. Heft. Wien, 1861; 8°

Bonn, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1860. Bonn, Leipzig und Thorn, 1860; 4° und 8°

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 15e Livraison. Paris, 1861; 8°

Gesellschaft, Deutsche geologische, Zeitschrift. XII. Band, 2. Heft. Mit 2 Tafeln. Berlin, 1860; 8°

Grunert, J. A., Archiv der Mathematik und Physik. XXXVI. Theil, 1. Heft. Greifswald, 1861; 8°

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, herausgegeben von G. F. Walz und F. L. Winckler. Band XV, Heft 2. Heidelberg, 1861; 8°

Jena, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften für das Halbjahr $18^{60}/_{61}$. Dresden, Jena, Leipzig, 1860 und 1861; 4° und 8°

Mittheilungen des k. k. Genie-Comité über Gegenstände der Ingenieurs- und Kriegswissenschaften, Jahrgang 1861, VI. Band, 1. Heft. Wien, 1861; 8°

Sanitäts-Karte der österr. Monarchie 1858. 9 Blätter, Folio, nebst erläuternden Bemerkungen dazu. 1 Heft. Wien, 1861; 8°

Schmarda, Ludwig K., Neue wirbellose Thiere, beobachtet und gesammelt auf einer Reise um die Erde 1853 — 1857. I. Band, Turbellarien, Rotatorien und Anneliden. I. Hälfte. Mit 15 illuminirten Kupfertafeln und Holzschnitten. Leipzig, 1859; 4°

Société géologique de France, Bulletin. 2e série, tome XVIIe, feuilles 45—52. Paris, 1859 à 1860; 8°

Wien, Universität, Übersicht der akademischen Behörden für das Studien-Jahr $18^{60}/_{61}$. Wien, 1861; 4° — Öffentliche Vorlesungen an der k. k. Universität zu Wien im Sommer-Semester 1861. Wien, 1861; 4°

Wiener medizinische Wochenschrift von Dr. Wittelshöfer. XI. Jahrgang, Nr. 15. Wien, 1861; 4°

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Dr. E. Erlenmeyer und Dr. G. Lewinstein. IV. Jahrgang, Heft 3. Erlangen, 1861; 8°

Über eine massanalytische Methode zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in alkoholischen Zuckerlösungen.

Von **Rudolph Günsberg**,

Assistenten an der k. k. technischen Akademie zu Lemberg.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. März 1861.)

Da das specifische Gewicht einer alkoholischen Zuckerlösung bekanntlich weder über ihren Alkohol noch Zuckergehalt irgend einen Aufschluss geben kann, und die bis jetzt bekannten Methoden, bei welchen eine Destillation oder Kochung stattfinden muss, in vielen Fällen zu umständlich sind; fand ich mich veranlasst, nach einer Bestimmungsmethode zu suchen, welche leichter auszuführen wäre, und daher namentlich Behörden zur Controle empfohlen werden könnte. Die folgende Methode, den Alkoholgehalt in alkoholischer Zuckerlösung zu bestimmen ist leicht und rasch ausführbar und führt zur Construirung eines Instrumentes, welches für den vorliegenden Zweck sehr geeignet erscheint, und mittelst welchem sich der Alkoholgehalt in zuckerigen Lösungen nicht viel schwieriger, als mittelst des gewöhnlichen Alkoholometers ausführen lässt.

Setzt man zu einer concentrirten wässerigen Gummilösung behutsam und in kleinen Portionen starken Weingeist, so verschwindet die anfangs entstehende Trübung nach dem Umschütteln vollständig, und erst bei einem bestimmten Puncte, wo in der Lösung ein bestimmter Alkoholgehalt enthalten ist, entsteht bleibende Trübung von sich ausscheidendem Gummi. Diese Thatsache benütze ich zur massanalytischen Bestimmung des Alkoholgehaltes in alkoholischen Zuckerlösungen. Gibt man nämlich zu g CC. einer concentrirten Gummilösung w CC. Wasser und lässt man zu dieser Mischung aus einer Bürette so lange absoluten Alkohol oder starken

Weingeist behutsam hinzufliessen bis eben bleibende Trübung entsteht, und sind von dem Weingeiste von bekanntem Alkoholgehalte a CC. verbraucht worden, so sind in der Mischung vom Volumen

$$g + w + a = v,$$

worin eine bestimmte Menge Gummi gelöst enthalten ist, a CC. Weingeist von bekanntem Alkoholgehalte vorhanden,. welche zur Hervorbringung einer beginnenden Ausscheidung des Gummi unter diesen Verhältnissen erforderlich waren. Setzt man zu g CC. derselben Gummilösung statt Wasser ein gleiches Volumen w irgend einer Zuckerlösung von beliebiger Concentration, so wird dadurch die Erscheinung nicht im geringsten geändert, und ist bis zur Entstehung einer bleibenden Trübung dieselbe Menge Weingeist erforderlich, als bei Zusatz von reinem Wasser. Diese Menge Weingeist a, welche bis zum Eintreten der Trübung zu dieser Mischung zugesetzt werden müsste, ist aber sowohl von dem Gesammtvolumen $g + w$, als auch von dem Verhältnisse des Gummi zum Wasser abhängig; so, dass sowohl bei Zunahme von Gummi und Abnahme von Wasser oder umgekehrt, bei Abnahme von Gummi und Zunahme von Wasser im selben Volumen $g + w$, als auch bei einer Veränderung des Gesammtvolumens und Beibehaltung desselben Verhältnisses zwischen Gummi und Wasser, auch das a einen andern Zahlenwerth annehmen wird.

Denke man sich nun zu g CC. derselben Gummilösung nicht Wasser oder wässerige Zuckerlösung, sondern irgend eine weingeistige Lösung, und zwar dieselben w CC. hinzugesetzt, welche aber noch nicht hinreichen, um in dieser Mischung eine Ausscheidung von Gummi zu bewirken; so wird man, um diese Erscheinung hervorzubringen, von unserem Weingeist, welchen ich Normalalkohol nennen will, nicht mehr a, sondern natürlich weniger zuzusetzen brauchen, also a', wo $a < a$; welche Differenz aber $a - a'$ offenbar mit dem Alkoholgehalte x der zugesetzten alkoholischen Lösung in irgend einer bestimmten Relation stehen muss, welche zur Ermittelung der Grösse x dienen könnte. Beziehen wir den Alkoholgehalt x der weingeistigen Lösung auf einen dem angewandten Normalalkohol gleich starken Weingeist, so haben wir in der letzten Mischung, g CC. Gummilösung $+ (w - x)$ CC. Wasser $+ (x + a')$ CC. Normalalkohol, die Differenz $a - a'$ ist demnach hier aus zweifacher Ursache entstanden, erstens weil x CC. Normal-

alkohol in der Mischung schon vorhanden waren, und zweitens weil bei demselben Gummigehalte in dieser Mischung um x weniger Wasser enthalten sind; würde man dieser Mischung x Wasser noch zugesetzt haben, so müsste $x + a' = a$ sein. Um für dieselben Zahlenwerthe von g und w und denselben Normalflüssigkeiten, worunter ich die Gummilösung und den Normalalkohol verstehen will, die Relation zwischen a, a' und x, durch Versuche zu ermitteln, habe ich folgenden Weg eingeschlagen:

Für die Zahlenwerthe von $g = w = 10$ habe ich in der Mischung von der allgemeinen Form g Gummilösung $+ (w - x)$ Wasser $- (x + a')$ Normalalkohol, für x die Zahlen 0 — 10 der Reihe nach substituirt, und die entsprechenden Zahlen $(x + a')$ durch Versuche ermittelt. Diese Bestimmungen, welche mit möglichster Sorgfalt ausgeführt worden sind, haben als Mittel von 4 Versuchen folgende Zahlen ergeben:

CC.		CC.			CC.
10	Gummilösung	+ 10	Wasser	erforderten Normalalkohol	18·0
10	„	+ 9	„	„ „	16·9
10	„	+ 8	„	„ „	15·7
10	„	+ 7	„	„ „	14·6
10	„	+ 6	„	„ „	13·5
10	„	+ 5	„	„ „	12·4
10	„	+ 4	„	„ „	11·3
10	„	+ 3	„	„ „	10·2
10	„	+ 2	„	„ „	9·0
10	„	+ 1	„	„ „	7·9

oder

CC.		CC.		CC.			CC.
10	Gummilösung	+ 10	Wasser	+ 0	Normalalkohol,	verbrauchten	18·0
10	„	+ 9	„	+ 1	„	„	15·9
10	„	+ 8	„	+ 2	„	„	13·7
10	„	+ 7	„	+ 3	„	„	11·6
10	„	+ 6	„	+ 4	„	„	9·5
10	„	+ 5	„	+ 5	„	„	7·4
10	„	+ 4	„	+ 6	„	„	5·3
10	„	+ 3	„	+ 7	„	„	3·2
10	„	+ 2	„	+ 8	„	„	1·0
10	„	+ 1	„	+ 9	„	„	(—1·1).

Da nun der erste Versuch für $x = 0$ die Normalbestimmung ausmacht, so hat man in diesem speciellen Falle $18 = a$, während die folgenden Zahlen in derselben Spalte die den substituirten Werthen von x entsprechenden a' vorstellen; sucht man die Differenzen $a - a'$ für die verschiedenen Werthe von x in dieser Versuchsreihe, so stellt sich heraus

für $x = 0$	$a - a' =$	0	$= 0\,(2{\cdot}1\ \ )$
„ „ $= 1$	„ $=$	$2{\cdot}1$	$= 1\,(2{\cdot}1\ \ )$
„ „ $= 2$	„ $=$	$4{\cdot}2$	$= 2\,(2{\cdot}1\ \ )$
„ „ $= 3$	„ $=$	$6{\cdot}4$	$= 3\,(2{\cdot}1..)$
„ „ $= 4$	„ $=$	$8{\cdot}5$	$= 4\,(2{\cdot}1..)$
„ „ $= 5$	„ $=$	$10{\cdot}6$	$= 5\,(2{\cdot}1..)$
„ „ $= 6$	„ $=$	$12{\cdot}7$	$= 6\,(2{\cdot}1..)$
„ „ $= 7$	„ $=$	$14{\cdot}8$	$= 7\,(2{\cdot}1..)$
„ „ $= 8$	„ $=$	$17{\cdot}0$	$= 8\,(2{\cdot}1..)$
„ „ $= 9$	„ $=$	$19{\cdot}1$	$= 9\,(2{\cdot}1..)$

oder allgemein $a - a' = x\,.\,(2{\cdot}1..) = x\,.\,c$, daher $x = \frac{a-a'}{c}$

Diese Zahl c, welche wir mit dem Namen „Coëfficient“ bezeichnen wollen und welche, mit dem Gehalte x, an, dem Normalalkohol gleich starken Weingeist in der zu untersuchenden alkoholischen Lösung, multiplicirt, gleich $a - a'$ ist, wird natürlich sowohl für verschiedene Normalflüssigkeiten, als auch für verschiedene relative Werthe von g und w eine andere sein, welche für jeden speciellen Fall durch Versuche ermittelt werden muss.

Nachdem uns aber das allgemeine Gesetz, nach welchem die Abnahme von a' in Bezug auf x stattfindet, bekannt ist; so braucht man zur Ermittelung des Coëfficienten c für irgend einen speciellen Fall blos folgende zwei Versuche anzustellen. Man sucht nämlich zuerst zu der Mischung von g CC. Gummilösung $+ w$ CC. Wasser die entsprechenden a CC. Normalalkohol; und dann zu einer zweiten Mischung von g CC. Gummilösung $+ (w - d)$ CC. Wasser die nöthigen a' CC. Normalalkohol, zu ermitteln, wo dann der Coëfficient $c = \frac{a-a'}{d}$ ist.

Ausführung der Analysen.

Um dieses Verhalten einer Gummilösung zu starkem Weingeist zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in alkoholischen Zuckerlösungen zu benützen, sind als Normalflüssigkeiten erforderlich:

1. eine concentrirte Gummilösung, und
2. ein starker Weingeist von bekanntem Alkoholgehalte, oder absoluter Alkohol.

Zur Bestimmung des Coëfficienten, welcher für ein bestimmtes Verhältniss zwischen Gummilösung und Wasser diesen Normalflüssigkeiten entspricht, und welche Bestimmung gewissermassen die Titrestellung dieser Flüssigkeiten ausmacht; gibt man, wenn man $g = w$ nimmt, zu 10 CC. der Normalgummilösung 10 CC. Wasser in ein Becherglas, und lässt aus einer in $^1/_{10}$ CC. getheilten Bürette mit Quetschhahn zu dieser Mischung Normalalkohol zufliessen, während welcher Zeit die Flüssigkeit mit einem Glasstabe unausgesetzt umgerührt wird, anfangs im Strahle und zuletzt tropfenweise, bis eben ein deutliches Opalisiren der Flüssigkeit eingetreten ist, und notirt die Zahl der verbrauchten CC. Normalalkohol.

Darauf gibt man zu 10 CC. der Gummilösung nicht 10, sondern z. B. nur 6 CC. Wasser und bestimmt auf dieselbe Art die erforderliche Menge Normalalkohol. Nehmen wir an, man habe bei dem ersten Versuche verbraucht 22·2 und bei dem zweiten Versuche blos 16·4 CC. Normalalkohol, so sind hier $d = 4$, $a' = 16{\cdot}4 - 4$, $a = 22{\cdot}2$, daher der Coëfficient $c = \frac{9{\cdot}8}{4} = 2{\cdot}45$. Will man ganz genau arbeiten, so macht man noch eine dritte Bestimmung, indem man zu 10 CC. Gummilösung z. B. nur 4 CC. Wasser zusetzt und berechnet auch aus dieser Bestimmung den Coëfficienten c, welche Zahl mit der oben gefundenen nahe übereinstimmen muss, und aus welchen Zahlen das Mittel genommen wird. Durch diese Vorarbeit sind nun die Normalflüssigkeiten gestellt, und man braucht nur, am besten auf die Etiquette der Flaschen, die Gradhältigkeit des Normalalkohols in Volumenprocente, das specifische Gewicht der Gummilösung und das relative Verhältniss von g und w, wie auch die gefundene Zahl a zu notiren. Dass alle Flüssigkeiten bei diesen Bestimmungen auf gleiche Temperatur zu bringen sind, versteht sich von selbst, und da das gesetzliche Alkoholometer

in den k. k. österreichischen Staaten bei 12° R. construirt ist, so sollen alle Flüssigkeiten auf 12° R. gebracht werden.

Soll nun der Alkoholgehalt irgend einer alkoholischen Zuckerlösung bestimmt werden, so gibt man 10 CC. der Normalgummilösung und 10 CC. der zu untersuchenden alkoholischen Lösung in ein Becherglas, und lässt zu dieser Mischung unter stetem Umrühren mit einem Glasstabe Normalalkohol zufliessen, bis eben dieselbe Erscheinung eingetreten ist, wie sie bei der Titrestellung der Normalflüssigkeiten beobachtet wurde. Nehmen wir an, man habe 10·4 CC. Normalalkohol verbraucht, so ist, indem das a für unsere Normalflüssigkeiten $= 22{\cdot}2$ und der Coëfficient $c = 2{\cdot}45$ gefunden worden sind, $x = \frac{22{\cdot}2 - 10{\cdot}4}{2{\cdot}45}$, 10 CC. dieser alkoholischen Zuckerlösung enthalten demnach 4·8 CC. Weingeist von der Stärke unseres Normalalkohols, und ist solcher z. B. 90° nach Tralles stark, so enthält die alkoholische Zuckerlösung 43·2 Volumenprocente absoluten Alkohol.

Diese Bestimmungsmethode hat noch den grossen Vortheil, dass man sich von der Richtigkeit des gefundenen Resultates durch die Anstellung eines Controlversuches die vollkommenste Gewissheit zu verschaffen im Stande ist. Es ist nämlich schon oben angeführt worden, dass, wenn man zu g CC. Gummilösung $+ (w - x)$ CC. Wasser $+ x$ Normalalkohol noch x CC. Wasser hinzusetzt und das entsprechende a' für diese Mischung bestimmt, das gefundene $a' + x = a$ sein muss. Man braucht demnach in unserem Beispiele zu einer neuen Mischung von 10 CC. Gummilösung und 10 CC. der untersuchten alkoholischen Lösung zuerst eine dem gefundenen $x = 4{\cdot}8$ gleiche Menge Wasser zuzusetzen, und dann die nöthige Menge Normalalkohol zu bestimmen, welche bei einem richtig gefundenen Werthe von x gleich sein muss $22{\cdot}2 - 4{\cdot}8 = 17{\cdot}4$.

Was die mechanischen Arbeiten bei der Ausführung der Analysen betrifft, muss ich anführen, dass, um mittelst dieser Methode genaue Resultate zu erzielen, Aufmerksamkeit und ein gutes Auge nothwendig sind. Als Beendigungspunkt beim Hinzulassen von Normalalkohol muss das kaum entstehende aber deutlich wahrnehmbare Opalisiren der Flüssigkeit, wobei sie eine bläuliche Färbung annimmt, festgehalten werden; und da die Zeit bei dieser

Erscheinung von Einfluss ist, so dass in der Nähe der Grenze die anfangs noch klar erscheinende Mischung nach sehr kurzer Zeit sich zu trüben anfängt, und die Trübung rasch zunimmt; so müssen alle Versuche gleich rasch ausgeführt, und in der Nähe des Beendigungspunktes bei dem Zulassen von Normalalkohol und Mischen mit dem Glasstabe, bei allen Versuchen ein möglichst gleiches Tempo eingehalten werden. Aus diesem Grunde ist es zur Erhaltung richtiger Resultate unerlässlich, vor jeder Bestimmung eines Alkoholgehaltes zu verschiedenen Zeiten, auch das a von Neuem zu ermitteln, denn da $x = \frac{a-a'}{c}$ ist, so hängt die Richtigkeit des Werthes von x, ausser von c, nur noch von der Differenz $a-a'$ ab, und man wird bei der Untersuchung einer alkoholischen Lösung von demselben Alkoholgehalte mit denselben Normalflüssigkeiten, zu verschiedenen Zeiten auch bei richtiger Ausführung der Analyse, verschiedene Werthe für a und a' finden, aber immer sehr nahe dieselbe Differenz und desshalb auch dasselbe Resultat.

Analytische Belege.

I. Versuchsreihe.

Ausgeführt mit einem Normalalkohol von 96·5 Tralles und einer Gummilösung dargestellt durch Auflösen von vier Unzen Gummi arabicum in 1000 CC. Wasser bei 12° R.

a) Bestimmung des Coëfficienten.

Zu einer Mischung von 10 CC. Gummilösung + 10 CC. Wasser wurden in vier Versuchen verbraucht Normalalkohol:

I. von 0 bis 16 = 16 CC.
II. „ 16 „ 32·1 = 16·1 „
III. „ 32·1 „ 48·0 = 15·9 „
IV. „ 0 „ 16·1 = 16·1 „ im Mittel 16·03.

Zu einer Mischung von 10 CC. Gummilösung und 6 CC. Wasser wurden in drei Versuchen verbraucht Normalalkohol:

I. von 16·1 bis 27·8 = 11·7 CC.
II. „ 27·8 „ 39·4 = 11·6 „
III. „ 39·4 „ 51·1 = 11·7 „ im Mittel 11·67.

Zu einer Mischung von 10 CC. Gummilösung und 4 CC. Wasser wurden verbraucht Normalalkohol:

I. von 0 bis 9·7 = 9·7 CC.
II. „ 9·7 „ 19·3 = 9·6 „
III. „ 19·3 „ 28·9 = 9·6 „ im Mittel 9·63 CC.

Demnach ist für $x = 0$, $16·03 - 0 = a = 16·03$
„ $x = 4$, $11·67 - 4 = a' = 7·67$
„ $x = 6$, $9·63 - 6 = a'' = 3·63$, daher

$$\frac{a - a'}{4} = \frac{8·36}{4} = c = 2·09$$

$$\frac{a - a''}{6} = \frac{12·40}{6} = c = 2·07, \text{ im Mittel } c = 2·08.$$

b) Analysen.

1. 10 CC. Gummilösung + 10 CC. reiner Branntwein verbrauchten in drei Versuchen Normalalkohol:

I. von 28·9 bis 34·7 = 5·8 CC.
II. „ 34·7 „ 40·6 = 5·9 „
III. „ 40·6 „ 46·4 = 5·8 „ im Mittel 5·8 CC.

$x = \frac{a - a'}{2·08} = \frac{16·03 - 5·8}{2·08} = 4·92$ CC. Weingeist, von 96°5 nach Tralles, welche in 10 CC. des Branntweines enthalten sind, er enthält demnach in 100 Theilen 47°5 Volumprocente absoluten Alkohol.

An einem gesetzlich geprüften Alkoholometer zeigte dieser Branntwein 48° Tralles.

2. 10 CC. Gummilösung und 10 CC. eines reinen Branntweines verbrauchten Normalalkohol:

I. von 0 bis 10·6 = 10·6 CC.
II. „ 10·6 „ 21·2 = 10·6 „ im Mittel 10·6 CC.

er enthält demnach 25·2 Volumprocente Alkohol. Am Alkoholometer zeigte dieser Branntwein 25°5 Tralles.

3. 10 CC. Gummilösung und 10 CC. eines stärkeren Branntweines verbrauchten Normalalkohol:

I. von 21·2 bis 26·3 = 5·1 CC.
II. „ 26·3 „ 31·3 = 5·0 „
III. „ 31·3 „ 36·4 = 5·1 „ im Mittel 5·07 CC.

Dieser Branntwein enthält demnach 50·9 Volumprocente Alkohol.

Am Alkoholometer zeigte er 51°0 Tralles.

II. Versuchsreihe.

Ausgeführt mit einem Normalalkohol von 92° Tralles und derselben Gummilösung von 4 Unzen Gummi arabicum in 1000 CC. Wasser bei 12° R.

Als Coëfficient wurde im Mittel gefunden die Zahl 2·12.

10 CC. Gummilösung + 10 CC. Wasser verbrauchten im Mittel 17·9 CC. Normalalkohol.

Analysen.

1. 10 CC. Gummilösung + 10 CC. reiner Branntwein verbrauchten im Mittel 4·6 CC. Normalalkohol.

Demnach wurde darin gefunden 57·7 Volumprocente Alkohol.

Dieser Branntwein zeigte am Alkoholometer 58° Tralles.

2. 10 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten im Mittel 14·6 CC. Normalalkohol.

Demnach gefunden 14·4 Volumprocente Alkohol.

Am Alkoholometer zeigte dieser Branntwein 15° Tralles.

3. 10 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten im Mittel 8·8 CC. Normalalkohol.

Demnach darin gefunden 39·5 Volumprocente Alkohol.

Am Alkoholometer zeigte dieser Branntwein 39°5 Tralles.

4. Am zweiten Tage wurden von denselben Normalflüssigkeiten in einem Versuche

zu 10 CC. Gummilösung + 10 CC. Wasser verbraucht 18·0 CC. Normalalkohol.

10 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten in einem Versuche 6·4 CC. Normalalkohol.

Demnach für $a = 18$ berechnet darin gefunden 50·3 Volumprocente Alkohol.

Am Alkoholometer zeigte dieser Branntwein 51° Tralles.

III. Versuchsreihe.

Ausgeführt mit einem Normalalkohol von 88° Tralles aus derselben Gummilösung von 4 Unzen Gummi in 1000 CC. Wasser bei

12° R., jedoch für $g = 2w$, und die Versuche wurden angestellt mit einer Mischung von 20 CC. Gummilösung und 10 CC. Wasser. In dieser, wie in der folgenden Versuchsreihe wurden die Resultate blos aus einzelnen Bestimmungen berechnet.

Als Coëfficient wurde gefunden 2·18.

20 CC. Gummilösung + 10 CC. Wasser verbrauchten 26 CC. Normalalkohol.

Analysen.

1. 20 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten 14·0 CC. Normalalkohol.

Demnach darin gefunden 48·4 Volumprocente Alkohol.

Dieser Branntwein zeigte am Alkoholometer 48° Tralles.

2. 20 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten 19·3 CC. Normalalkohol.

Demnach gefunden 27·0 Volumprocente Alkohol.

Zeigte am Alkoholometer 26° Tralles.

IV. Versuchsreihe.

Ausgeführt mit einem Normalalkohol von 92° Tralles aus einer Gummilösung dargestellt durch Auflösen von 8 Unzen Gummi arabicum in 1000 CC. Wasser bei 12° R. für $g = w$.

Als Coëfficient wurde gefunden die Zahl (1·985).

10 CC. Gummilösung + 10 CC. Wasser verbrauchten 13·9 CC. Normalalkohol.

Analysen.

1. 10 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten 8·2 Normalalkohol.

Demnach gefunden 26·4 Volumprocente Alkohol.

Dieser Weingeist zeigte am Alkoholometer 26° Tralles.

2. Am zweiten Tage wurden von denselben Normalflüssigkeiten verbraucht

zu 10 CC. Gummilösung + 10 CC. Wasser 14° CC. Normalalkohol.

10 CC. Gummilösung + 10 CC. Branntwein verbrauchten 3·8 CC. Normalalkohol.

Demnach für $a = 14$ berechnet gefunden 47·3 Volumprocente Alkohol.

Am Alkoholometer zeigte dieser Branntwein 48° Tralles.

Es liegt nun der Gedanke nicht ferne, dass nach dieser neuen Methode für den praktischen Gebrauch ein Instrument construirt werden könne, welches der Form nach dem Acetometer von Otto ähnlich wäre und mittelst welchem sich bis auf 2° Tralles der Alkoholgehalt in Liqueuren und Rosoglio etc. rasch und genau bestimmen lassen dürfte. Dieses Instrument sollte nämlich bestehen aus einer 10—12 Zoll langen und 1/2 Zoll weiten unten zugeschmolzenen und oben offenen Glasröhre, auf welcher sich folgende Räume verzeichnet vorfinden sollen. Bis an der Marke *a* soll das Instrument fassen 10 CC., ebenso von der Marke *a* bis zur Marke *b* 10 CC., und oberhalb dieser Marken könnte für bestimmte Normalflüssigkeiten, welche dem Instrumente zu Grunde gelegt werden sollen (z. B. ein Normalalkohol von 90° Tralles und eine Gummilösung von 12 Unzen Gummi in eine Wiener Mass Wasser bei 12° R.), eine Scala angebracht worden von 2 zu 2° und von 60—20° nach Tralles gezeichnet, welche Marken gleich dem Alkoholgehalte des zu untersuchenden Liqueurs in Volumprocente angeben könnten. Der Gebrauch dieses Instrumentes wäre nun folgender: Man hätte das Instrument zuerst mit der Normalgummilösung bis zur Marke *a* zu füllen, darauf von *a* bis zur Marke *b* mit dem zu untersuchenden Liqueur, und dann zu dieser Mischung bei häufigem Umschütteln desselben aus einer Pipete Normalalkohol behutsam zuzusetzen, bis eben die Flüssigkeit deutlich getrübt erscheint. Die Marke, bis zu welcher die Oberfläche der Flüssigkeit reichen würde, könnte den Alkoholgehalt des Liqueurs angeben [1]). Dass bei der Theilung der Röhre auf die Contraction Rücksicht zu nehmen wäre, versteht sich von selbst. Indessen müssen über die Brauchbarkeit eines derartigen Instrumentes, wie über die zweckmässige Wahl der Normalflüssigkeiten, welche dem-

[1]) Es scheint mir für derartige Instrumente der Name „Präcipitations-Alkoholometer" passend.

selben zu Grunde gelegt werden sollten, erst weitere Versuche entscheiden, und behalte ich mir vor, seiner Zeit darüber Näheres mitzutheilen.

Nachtrag.

Bei der Bestimmung des Alkoholgehaltes nach dieser Methode in Liqueuren, welche ätherische Öle zugesetzt enthalten, kann es vorkommen, dass bei den Zusätzen des Liqueurs zur Normalgummilösung schon Trübung in Folge des sich ausscheidenden ätherischen Öles entsteht. Diese in Folge eines zu geringen Alkoholgehaltes entstehende Trübung schadet indessen der Bestimmung nicht im Geringsten, denn setzt man zu dieser trüben Mischung Normalalkohol hinzu, so verschwindet zuerst diese Trübung, die Flüssigkeit klärt sich vollständig, und dann erst bei weiterem Zusatz von Normalalkohol zeigt sich die bezeichnete Trübung von sich ausscheidendem Gummi. In gefärbten Liqueuren lässt sich das Eintreten einer beginnenden Ausscheidung von Gummi noch deutlicher wahrnehmen als in ungefärbten.

Ist nun auf diese Art der Alkoholgehalt einer alkoholischen Zuckerlösung ermittelt worden, so lässt sich dann der Zuckergehalt dieser Lösung sehr leicht aus dem specifischen Gewichte derselben berechnen, und zwar scheint mir als für den praktischen Gebrauch am zweckmässigsten, bei dieser Berechnung die bereits vorhandenen Tabellen für wässerige Zuckerlösungen, welche die den specifischen Gewichten entsprechenden Procentgehalte an festem Zucker angeben, wie z. B. die von Niemann u. A. zu benützen.

Bezeichnet man nämlich mit

V' die Anzahl CC. absoluten Alkohol, welche in V CC. einer alkoholischen Zuckerlösung gefunden worden sind, mit

a das absolute Gewicht dieser V' CC. absoluten Alkohol in Grammen, und mit

Z der Gehalt an festem Zucker dieser alkoholischen Zuckerlösung im Volumen V' in Grammen. Und sei ferner

S das specifische Gewicht eines Weingeistes von demselben Alkoholgehalte V',

$S_{,}$ das specifische Gewicht der untersuchten alkoholischen Zuckerlösung, welche V' CC. absoluten Alkohol und Z Grammen Zucker im Volumen V enthält,

$S_{,,}$ das specifische Gewicht einer wässerigen Zuckerlösung von demselben Zuckergehalte Z im Volumen V,

so hat man bekanntlich I. $S = \frac{a + (V - V')}{V}$,

II. $S_{,} = \frac{a + x + Z}{V}$,

III. $S_{,,} = \frac{V' + x + Z}{V}$.

Substituirt man den Werth von a aus der Gleichung I in die Gleichung II, so ist $S_{,} = \frac{S\,V - V + V' + x + Z}{V} = S - 1 + \frac{V' + x + Z}{V} = S - 1 + S_{,,}$ demnach $S_{,,} = S_{,} + 1 - S$.

Zeigt nun z. B. irgend eine alkoholische Zuckerlösung ein specifisches Gewicht $S_{,} = 1{\cdot}0265$, und sind in dieser Lösung 45 Volumprocente Alkohol gefunden worden, so findet man in den bekannten alkoholometrischen Tabellen $S = 0{\cdot}9435$, demnach $S_{,,} = 1{\cdot}0830$, welches nach der Tabelle von Niemann einem Zuckergehalte von 20 Procent entspricht.

Nachtrag zu dem Aufsatze über Regentropfen und Schneeflocken.

Von Dr. Rohrer,
Kreisphysicus in Lemberg.

In dem obbezogenen Aufsatze (Sitzungsberichte Band XXXV, 1859) habe ich bemerkt, dass die von Scoresby bei seinen Untersuchungen der Schneefälle im Polarmeere entdeckten „Prismen, deren eines oder beide Enden in der Mitte eines dünnen Plättchens stecken", weder von mir, noch einem andern der wenigen übrigen Beobachter aufgefunden wurden, daher diese Schneeform entweder als sehr selten oder nur in den nördlichsten Gegenden vorkommend gehalten werden musste.

Der Schneefall vom 15. December 1859 zeigte, dass die erstere Meinung die richtigere sei.

Derselbe begann in der Nacht, dauerte den ganzen Tag bis Abends 11 Uhr und ergab bei einer mittleren Temperatur von — 4°60 R. und einer im Ganzen westlichen Luftströmung, die wiederholt zwischen SW., W. und NW. wechselte, eine Schneehöhe von 53‴. Bis 11 Uhr Morgens bestand dieser Schneefall aus sandartigen Schneeklümpchen, welche aus mikroskopischen Eisprismen zusammengesetzt waren. Mittags 12 Uhr walteten Eissterne vor, und zwar aus Eisprismen bestehend, welche schon um 2 Uhr Abends von Eisklümpchen verdrängt wurden, die ebenfalls aus Eisprismen bestanden, um 4 Uhr Abends mischten sich unter letztere einzelne Eisnadeln und Pyramiden; bei der Untersuchung um 5 Uhr Abends aber fanden sich die Eisklümpchen nur vereinzelt zwischen Eisnadeln und Pyramiden, wovon erstere an ihren beiden Enden ein dünnes hervorragendes Plättchen trugen. Diese eigenthümliche Schneeform war aber schon um 6 Uhr Abends beinahe ganz verschwunden und machte bis zu Ende des Schneefalles wieder den Eisklümpchen Platz.

Unter dem Mikroskope untersucht, zeigten die fraglichen Eisnadeln von den unter Nr. 14 auf der zum obbezogenen Aufsatze gehörigen Tafel I gezeichneten, keine andere Abweichung, als dass beide Enden durch ein central aufsitzendes über die Peripherie der Nadeln vorstehendes Eisplättchen im rechten Winkel gedeckt waren. Die Form dieser Endplättchen liess sich nicht deutlich erkennen, Einkerbungen oder Hervorragungen aber hatte ihr Rand nicht.

Eine andere bisher noch gar nicht beobachtete Schneeform zeigte sich am 25. Februar 1859 Morgens 8 Uhr, nämlich Zwillings-Schneesterne. Die sehr regelmässig geformten, verhältnissmässig ziemlich grossen Schneesterne waren zu zwei und zwei durch eine kurze, dicke, centrale Axe in Form einer scheinbar runden Säule mit einander verbunden.

Sie fielen bei leichtem N. und einer Temperatur von —1°8 ziemlich vereinzelt zwischen formlosen Schneeklümpchen, und bestanden so wie diese aus Eiskügelchen von 0·03 Millim. Durchmesser. Diesem nur eine halbe Stunde andauerndem Schnefalle folgte nach einer kurzen Unterbrechung von wenigen Minuten ein dichtes Schneegestöber, welches bei ausdauerndem Nordwinde und gleicher Temperatur aus Eisnadeln, Eisklümpchen und aus einzelnen Eisplättchen gebildeten Sternen bestand, bis Mittag andauerte und dann bei einer Temperatur von +1°6 und der schon eine Stunde früher erfolgten Drehung des Windes nach W. in halbgeschmolzenen Klümpchen, endlich in Regen überging.

Der diesjährige nebelreiche Winter bot dreimal die Gelegenheit dar, die Bildung der Schneefiguren aus dem bestehenden Tiefnebel zu beobachten. Dass dies wirklich der Fall war und der Schnee nicht aus höheren Regionen kam, ergibt sich aus dem Umstande, dass bei der geringen Dichtigkeit des Nebels der wolkenfreie Himmel hinlänglich genau beobachtet werden konnte, und dass die einzelnen Schneekörperchen bedeutend kleiner als die bei den entsprechenden Temperaturen bisher beobachteten, in der Luft mehr schwammen als fielen, so dass selbe insbesondere am 13. Jänner 1861 nicht durch ruhiges Halten des autographen Auffangepapieres, sondern nur durch vorsichtiges Aufwärtsbewegen desselben aufgefangen werden konnten.

Die Schneefiguren, welche sich am 13. Jänner 1861 Morgens 8 — 10 Uhr bei — 9°0, einer Luftfeuchtigkeit von 91·5 Procent,

leichtem NO., und ziemlich starker positiver Luftelektricität bildeten, waren sternförmige Drillingskrystalle; ihr mittlerer Durchmesser betrug 0·5 Millim. Der Nebel hob sich nach und nach, bildete kleine, gut begrenzte Federwolken und mit dem Auftreten des reinen Sonnenlichtes entstand in selben das bekannte Glitzern der Luft, während welchem sich der Durchmesser der einzelnen Sterne bis 0·8 Millim. vergrösserte, wobei dieselben aber ihre Schwimmfähigkeit in der Luft zu verlieren schienen.

Am 30. Jänner desselben Jahres Morgens 9 — 10 Uhr fand wieder eine Schneebildung im Nebel bei wolkenlosem Himmel Statt und zwar bei —6°2, leichtem SW., 88·4 Procent Luftfeuchtigkeit und kaum wahrnehmbaren Spuren negativer Elektricität. Die Form war jene von sandartigen Schneeklümpchen welche einen mittleren Durchmesser von 0·2 Millim hatten und aus Eiskügelchen von 0·03 Millim. Durchmesser bestanden. Einzelne der letzteren aufzufangen wollte nicht gelingen. Unter den Klümpchen fanden sich auch vereinzelnte Schneesterne von gleicher Construction mit ersteren, und einem Durchmesser von 0·4 Millim. Sämmtliche Schneekörperchen hatten einen ungemein langsamen Fall, ein gegenseitiges Anziehen und Abstossen derselben wurde weder hier noch bei anderen Schneebildungen bemerkt.

Den 16. Februar desselben Jahres Morgens 8 — 10 Uhr kam unter denselben Verhältnissen Eisnadelbildung vor; die Lufttemperatur war im Mittel —0°2, der Wind schwacher S., die Luftfeuchtigkeit betrug 100·0 Procent, die Luftelektricität war von mässiger Stärke und positiv. Die einzelnen Eisnadeln hatten eine mittlere Länge von 0·4 Millim. und einen queren Durchmesser von 0·1 Millim.; einzelne zwischen den Nadeln vorkommende Eisklümpchen von gleicher Bildung hatten im Mittel einen Durchmesser von 0·2 Millim. Auch hier war der Fall so langsam, dass es mehr ein Schweben genannt werden muss. Mit dem Heben des Nebels, der für den übrigen Tag eine gleiche graue Farbe am Himmel gab, vergrösserten sich auch die Eisnadeln und erlangten eine mittlere Länge von 1·8 Millim., bei welcher auch der Schneefall Mittags endete.

Zwei Meteoreisenmassen in der Nähe von Melbourne in Australien aufgefunden.

Bericht von dem w. M. W. Haidinger.

Schon vor etwa sieben Jahren war es etwas ganz Bekanntes, dass in der Nähe von Western-Port, südöstlich von Melbourne, grosse Massen von gediegenem Eisen auf der Erdoberfläche lagen, aber erst Herr Fitzgibbon hatte das Verdienst auf die meteorische Natur aufmerksam zu machen. „Vor einigen Wochen", so schreibt Herr G. Neumayer, Director des Flagstaff-Observatoriums an unsern hochverehrten Freund, Herrn Prof. v. Hochstetter, welchem ich wieder die gütige Mittheilung dieser anregenden Nachricht verdanke, „besuchte ich die Stelle in Begleitung von Herrn Abel, und war nicht wenig in Erstaunen gesetzt über die Massenhaftigkeit dieser Fremdlinge. Es finden sich bis heute nur zwei Körper dieser Art, der eine grössere etwa fünf bis sechs Tonnen schwer, der andere kleinere etwa anderthalb Tonnen. — Die Masse ist in der That gediegenes Eisen, mit einer Kruste überzogen von der bekannten Construction und an der auch die wohlbekannten Höhlungen nicht fehlen. Die relative Lage der beiden Massen ist N 20° O, magnetische Peilung; die kleinere von den grösseren etwa 3½ Meile entfernt. Beide Massen liegen ganz an der Oberfläche, nur etwa so tief, dass die Spitzen aus der Erde hervorragen. Derselbe tertiäre Sandstein, der bei Broughton bricht, ist auch hier zu finden, und etwa 12 — 15 Fuss tief Basalt, wie an den Küsten von Western-Port. Die geographischen Breiten sind für den kleinen Block 38° 8′, für den grösseren 38° 11′ S. (etwa 145° 15′ ö. L. v. G.), Seehöhe des ersten 107 Fuss, des zweiten 127 Fuss." Herr Neumayer untersuchte noch sorgfältig die magnetischen Verhältnisse der beiden Massen *in situ*. Es

fand sich keine Polarität, mit Ausnahme jener, die von der inducirenden Kraft der Erde herrührt — das untere Ende beider Stücke war stark südmagnetisch, während das obere stark nordmagnetisch sich zeigte. Die Längenaxe des grösseren Körpers, etwa fünf Fuss englisch, lag genau im magnetischen Meridian des Platzes.

Der kleine Körper war von Herrn Abel angekauft worden und sollte nach Melbourne gebracht werden, wo dann auch Herr Prof. Neumayer photographische Abbildungen auszuführen beabsichtigte. Der grössere dieser Eisenkörper wird wohl lange noch *in situ* ein Gegenstand des Besuches für Naturforscher bleiben. Es sind uns auch bereits Exemplare von Abschnitten der nach Melbourne zu bringenden Meteoreisenmasse in Aussicht gestellt.

Über die Bahn der Leda.

Von Moriz Allé,

Adjuncten der k. k. Sternwarte in Krakau.

Die letzten Rechnungen über diesen Planeten habe ich im XXXII. Bande des Jahrganges 1858 der Sitzungsberichte der math.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften niedergelegt. Ich benützte damals genäherte Elemente Löwy's und combinirte, auf dieselben gestützt, sämmtliche Beobachtungen des Jahres 1856 zu sieben Normalorten und fand aus den daraus entspringenden 14 Bedingungsgleichungen folgende wahrscheinlichsten Werthe der Elemente:

M	12°	11′ 49″14	1856. Jän. 0, m. Berl. Z.
$\tilde{\omega}$	100	44 30·66	
☊	296	27 34·85	1856·0 m. Äq.
i	6	58 26·32	
φ	8	56 50·16	
μ		782·3218	
$lg\ a$		0·4377474	

Die Vergleichung der im Jahre 1858 angestellten Beobachtungen mit der nach diesen Elementen gerechneten Ephemeride zeigte in Erwägung der ungünstigen Verhältnisse, die bei der Bestimmung obwalteten, eine ganz überraschende Übereinstimmung, was wohl besonders auch der Güte der Beobachtungen und dem Umstande zuzuschreiben ist, dass alle Sorgfalt darauf verwendet wurde, bei jedem Schritte der Rechnung möglichst genau und gewissenhaft zu verfahren. Diese Elemente konnten somit als ziemlich genau betrachtet werden und ich habe es nun in der gegenwärtigen Arbeit unternommen, auf sie gestützt die den sämmtlichen bisher bekannt gemachten Beobachtungen der Jahre 1856, 1858 und 1859 entsprechenden wahrscheinlichsten Correctionen derselben zu bestimmen, und werde in den folgenden Zeilen die einzelnen Theile der Rechnung aus einander setzen.

Zuerst wurden zur Vergleichung mit den Beobachtungen folgende beide Ephemeriden gerechnet, wobei die Jupiter- und Saturn-Störungen schon berücksichtiget sind.

	Datum	α	δ
0^h m. B. Z.	1858. Aug. 4 . .	20^h 38′ 44″40	— 16° 6′ 28″84
	„ „ 5 . .	37 50·07	8 8·21
	„ „ 6 . .	36 55·93	9 47·34
	„ „ 7 . .	36 2·07	11 25·79
	„ „ 8 . .	35 8·52	13 3·51
	„ „ 9 . .	34 15·33	14 40·47
	„ „ 10 . .	33 22·54	16 16·33
	„ „ 11 . .	32 30·20	17 50·96
	„ „ 12 . .	31 38·38	19 24·21
	„ „ 13 . .	30 47·11	20 56·10
	„ „ 14 . .	29 56·45	22 26·42
	„ „ 15 . .	29 6·44	23 54·96
	„ „ 16 . .	28 17·13	25 21·64
	„ „ 17 . .	27 28·57	26 46·53
	„ „ 18 . .	26 40·82	28 9·41
	„ „ 19 . .	25 53·91	29 30·16
	„ „ 20 . .	25 7·90	30 48·66
0^h m. B. Z.	1859. Oct. 28 . .	2^h 46 24·27	+ 27 40 50·59
	„ „ 29 . .	45 29·21	37 26·53
	„ „ 30 . .	44 33·53	33 50·74
	„ „ 31 . .	43 37·34	30 3·39
	„ Nov. 1 . .	42 40·69	26 4·73
	„ „ 2 . .	41 43·67	21 54·97
	„ „ 3 . .	40 46·35	17 34·38
	„ „ 4 . .	39 48·89	13 3·17
	„ „ 5 . .	38 51·29	8 21·68
	„ „ 6 . .	37 53·65	3 30·31
	„ „ 7 . .	36 56·06	+ 26 58 29·26
	„ „ 8 . .	35 58·61	53 18·85
	„ „ 9 . .	35 1·38	47 59·55
	„ „ 10 . .	34 4·43	42 31·68
	„ „ 11 . .	33 7·86	36 55·77
	„ „ 12 . .	32 11·75	31 12·22
	„ „ 13 . .	31 16·16	25 21·46
	„ „ 14 . .	30 21·16	19 23·86
	„ „ 15 . .	29 26·87	13 19·90
	„ „ 16 . .	28 33·33	7 10·17
	„ „ 17 . .	27 40·65	0 55·14

	Datum	α	δ
0ʰ m. B. Z.	1859. Oct. 18	2ʰ 26′ 48ˢ85	+ 25° 54′ 35″17
	„ „ 19	25 58·03	48 10·81
	„ „ 20	25 8·27	41 42·60
	„ „ 21	24 19·65	35 11·10
	„ „ 22	23 32·18	28 36·98
	„ „ 23	22 45·97	22 0·76
	„ „ 24	22 1·08	15 23·10
	„ „ 25	21 17·59	8 44·65

Die nun eingeleitete Vergleichung gab folgendes Ergebniss:

Beobachtungsort	Datum		Beobachtung — Rechnung Δα	Δδ
Berlin	1858. Aug.	4·48	+ 15ˢ72	+ 1′ 27″78
„	„ „	7·45	+ 16·12	+ 1 26·96
„	„ „	10·44	+ 15·79	+ 1 24·18
„	„ „	11·43	+ 15·81	+ 1 24·29
Wien	„ „	13·39	+ 16·04	. . . . . .
Cambridge	„ „	13·52	+ 16·07	+ 1 28·40
Wien	„ „	14·40	+ 16·06	+ 1 23·49
Cambridge	„ „	16·53	+ 15·57	+ 1 25·05
Berlin	„ „	17·51	+ 15·65	+ 1 26·87
			Δα	Δδ
Königsberg . . .	1859. Oct.	28·28	— 3ˢ34	. . . . .
„	„ „	28·32	— 3·44	. . . . .
„	„ „	28·32	. . . . . .	— 24″79
Berlin	„ „	41·54	— 3·87	— 26·94
„	„ „	42·57	— 4·01	— 27·82
„	„ „	43·52	— 4·05	— 27·14
Königsberg . . .	„ „	47·33	— 3·25	— 30·60
„	„ „	47·33	— 3·34	— 27·22
„	„ „	47·37	— 3·68	— 28·08
„	„ „	49·28	— 3·41	— 27·61
Washington . . .	„ „	50·58	— 3·55	— 25·17
„	„ „	50·58	— 3·56	— 24·95
„	„ „	51·58	— 3·76	— 38·30

wobei die angeführten Zahlen die Unterschiede in Rectascension und Declination zwischen Beobachtung und Rechnung bezeichnen. Jede dieser beiden Reihen von Unterschieden wurde nun in einen Normalort zusammengefasst, so dass man erhielt:

Datum	Δα	Δδ
1858. Aug. 12·0	+ 15ˢ870	+ 1′ 25″88
1859. Nov. 13·0	— 3·605	— 27·03

Wenn man nun diese Unterschiede an die entsprechenden Werthe der Ephemeride anbringt, auf das mittlere Äquinoctium 1856 und

die elliptische Bahn reducirt und die früheren 7 Normalorte dazu nimmt, so erhält man folgende 9 definitive Normalorte:

Datum			α	δ
1856.	Jän.	21·0	8h 31′ 46″035	+ 17° 18′ 52″73
„	„	30·0	8 22 42·487	+ 17 17 5·37
„	Feb.	7·0	8 15 9·749	+ 17 15 8·30
„	„	27·0	8 2 26·982	+ 17 1 29·47
„	März	26·0	8 4 53·948	+ 16 13 21·25
„	April	3·0	8 9 37·720	+ 15 52 5·20
„	„	30·0	8 35 6·890	+ 14 10 37·98
1858.	Aug.	12·0	20 32 12·552	— 16 16 10·61
1859.	Nov.	13·0	2 31 36·767	+ 26 25 43·38

oder in Längen und Breiten verwandelt:

Datum			λ	β
1856.	Jän.	21·0	125° 57′ 32″75	— 1° 31′ 46″19
„	„	30·0	123 51 55·13	— 2 4 27·90
„	Feb.	7·0	122 7 0·82	— 2 30 53·89
„	„	27·0	119 11 36·94	— 3 22 56·18
„	März	26·0	119 56 2·06	— 4 2 50·10
„	April	3·0	121 7 20·70	— 4 9 16·89
„	„	30·0	127 31 4·40	— 4 22 12·46
1858.	Aug.	12·0	306 19 5·27	+ 2 31 0·05
1859.	Nov.	13·0	43 58 43·64	+ 10 54 44·19

Diese Werthe, verglichen mit den aus den eben angeführten Elementen gerechneten Längen und Breiten, geben folgende Unterschiede:

Datum			Beobachtung — Rechnung Δλ	Δβ
1856.	Jän.	21·0	— 0″60	+ 1·01
„	„	30·0	+ 0·16	— 3·20
„	Feb.	7·0	+ 0·52	+ 3·58
„	„	27·0	+ 0·07	— 0·32
„	März	26·0	— 0·11	— 1·26
„	April	3·0	— 0·72	— 1·16
„	„	30·0	+ 0·52	+ 0·65
1858.	Aug.	12·0	+ 4′ 3·03	+ 26·27
1859.	Nov.	13·0	— 56·13	— 9·95

Bildet man nun die Bedingungsgleichungen zur Ermittlung der Correctionen der Elemente, so erhalten sie die folgende Form, wo M_0 die mittlere Länge der Epoche bezeichnet und $d\Omega' = \frac{1}{10} d\Omega$ und $d\mu' = 100\, d\mu$ ist.

dM_0	$d\Omega'$	di	$d\varphi$	$d\tilde\omega$	$d\mu'$		
+ 2·31334	+ 0·12220	− 0·02634	+ 1·52772	− 0·60322	+ 0·60327	+ 0'60	= 0
+ 2·30823	+ 0·12270	− 0·03590	+ 1·52956	− 0·60101	+ 0·56067	− 0·16	= 0
+ 2·26180	+ 0·12030	− 0·04373	+ 1·50808	− 0·58857	+ 0·51840	− 0·52	= 0
+ 2·02484	+ 0·10840	− 0·05904	+ 1·41141	− 0·52563	+ 0·45099	− 0·07	= 0
+ 1·63116	+ 0·08550	− 0·07063	+ 1·31225	− 0·41547	+ 0·51502	+ 0·11	= 0
+ 1·53434	+ 0.07800	− 0·07241	+ 1·30169	− 0·38659	+ 0·56085	+ 0·72	= 0
+ 1·27634	+ 0·05460	− 0·07502	+ 1·30933	− 0·30312	+ 0·76174	− 0·52	= 0
+ 1·12691	+ 0·09940	− 0·04319	− 1·29084	+ 0·33429	+ 10·56919	− 243·03	= 0
+ 2·07252	− 0·09990	+ 0·05810	− 2·94887	− 0·38472	+ 29·14864	+ 56·13	= 0
− 0·27758	+ 2·07590	− 0·21821	− 0·19582	+ 0·07179	− 0·09216	− 0·01	= 0
− 0·27906	+ 2·05770	− 0·29569	− 0·22336	+ 0·07058	− 0·12945	+ 3·20	= 0
− 0·27868	+ 2·01130	− 0·35865	− 0·24416	+ 0·06905	− 0·15872	− 3·58	= 0
− 0·26764	+ 1·80400	− 0·48158	− 0·27450	+ 0·06299	− 0·20804	+ 0·32	= 0
− 0·23047	+ 1·44300	− 0·57577	− 0·27032	+ 0·05060	− 0·22594	+ 1·26	= 0
− 0·21764	+ 1·34590	− 0·59109	− 0·26318	+ 0·04681	− 0·22434	+ 1·16	= 0
− 0·17488	+ 1·06100	− 0·62223	− 0·23140	+ 0·03494	− 0·20876	− 0·65	= 0
+ 0·13997	− 1·73622	+ 0·35792	− 0·18344	+ 0·03845	+ 1·37293	− 26·27	= 0
− 0·04968	+ 0·69256	+ 1·55420	+ 0·17552	− 0·00515	− 0·48048	+ 9·95	= 0

und die sechs Gleichungen, aus denen die Correctionen der Elemente zu suchen sind, werden:

dM_0	$d\Omega'$	di	$d\varphi$	$d\tilde\omega$	$d\mu'$		
+ 32·56175	− 1·99098	+ 0·10241	+ 11·95985	− 7·35470	+ 80·28591	− 161·51994	= 0
− 1·99098	+ 24·44933	− 4·52835	− 1·24186	+ 0·36374	− 6·20544	+ 23·31135	= 0
+ 0·10241	− 4·52835	+ 4·13587	+ 0·34568	− 0·02690	+ 1·37036	+ 19·21249	= 0
+ 11·95985	− 1·24186	+ 0·34568	+ 24·91654	− 4·31867	− 94·02411	+ 154·71971	= 0
− 7·35470	+ 0·36374	− 0·02690	− 4·31867	+ 2·04786	− 9·59944	− 103·96503	= 0
+ 80·28591	− 6·20544	+ 1·37036	− 94·02411	− 9·59944	+ 966·02505	− 973·52111	= 0

Aus diesen Gleichungen ergeben sich durch successive Elimination folgende Correctionen der Elemente:

$$d\mu = -\ 0\rlap{.}''071798$$
$$d\tilde{\omega} = +\ 433\cdot67$$
$$d\varphi = -\ 19\cdot45$$
$$di = -\ 0\cdot97$$
$$d\Omega = +\ 0\cdot08$$
$$dM_0 = +\ 127\cdot76$$

und damit die verbesserten Elemente:

M	12°	6	43·31	Epoche 1856·0
$\tilde{\omega}$	100	51	44·33	mittl. Äq. 1856. Jän. 0.
☊	296	27	34·93	mittl. Äq. 1856. Jän. 0.
i	6	58	25·35	mittl. Äq. 1856. Jän. 0.
φ	8	56	30·71	
μ	782·2500			
$lg\ a$	0·4377740			

mit den übrig bleibenden Fehlern:

$\Delta\lambda$	$\Delta\beta$
+ 0″54	− 0″64
+ 0·36	+ 3·73
+ 0·17	− 2·99
+ 0·05	+ 0·76
− 0·83	+ 1·21
− 0·18	+ 0·97
+ 0·24	− 1·23
− 4·82	+ 1·63
− 2·08	− 0·10 .

Mit diesen Elementen ist die nachfolgende Oppositions-Ephemeride gerechnet, bei der die Störungen durch Jupiter und Saturn berücksichtiget sind, deren Werthe ich der Vollständigkeit wegen noch vorausschicke; und zwar sind es die nach Encke's Methode gerechneten Störungen der Äquatorcoordinaten angegebene Einheiten der 7. Decimalstelle.

Störungen durch Jupiter und Saturn.

Datum			ξ	η	ζ
1855.	December	16	— 6	+ 1	+ 1
1856.	Jänner	15	— 6	+ 1	+ 1
	Februar	14	— 55	+ 11	+ 6
	März	15	— 154	+ 32	+ 18
	April	14	— 307	+ 64	+ 37
	Mai	14	— 521	+ 110	+ 63
	Juni	13	— 804	+ 168	+ 95
	Juli	13	— 1168	+ 237	+ 131
	August	12	— 1625	+ 313	+ 166
	September	11	— 2186	+ 386	+ 195
	October	11	— 2863	+ 445	+ 211
	November	10	— 3663	+ 475	+ 204
	December	10	— 4592	+ 459	+ 164
1857.	Jänner	9	— 5651	+ 377	+ 81
	Februar	8	— 6837	+ 209	— 56
	März	10	— 8143	— 66	— 255
	April	9	— 9557	— 469	— 528
	Mai	9	— 11065	— 1020	— 883
	Juni	8	— 12648	— 1736	— 1328
	Juli	8	— 14281	— 2633	— 1867
	August	7	— 15941	— 3726	— 2507
	September	6	— 17598	— 5026	— 3250
	October	6	— 19221	— 6541	— 4097
	November	5	— 20777	— 8274	— 5046
	December	5	— 22231	— 10226	— 6096
1858.	Jänner	4	— 23546	— 12394	— 7240
	Februar	3	— 24685	— 14769	— 8471
	März	5	— 25611	— 17337	— 9779
	April	4	— 26287	— 20080	— 11150
	Mai	4	— 26678	— 22971	— 12570
	Juni	3	— 26750	— 25980	— 14019
	Juli	3	— 26473	— 29068	— 15476
	August	2	— 25820	— 32193	— 16918
	September	1	— 24774	— 35300	— 18316
	October	1	— 23321	— 38334	— 19643
	October	31	— 21463	— 41227	— 20866
	November	30	— 19209	— 43909	— 21953
	December	30	— 16588	— 46303	— 22870
1859.	Jänner	29	— 13644	— 48333	— 23584
	Februar	28	— 10444	— 49918	— 24066
	März	30	— 7079	— 50985	— 24290

Datum		ξ	η	ζ
1859. April	29	— 3665	— 51470	— 24240
Mai	29	— 347	— 51327	— 23910
Juni	28	+ 2706	— 50536	— 23312
Juli	28	+ 5306	— 49113	— 22475
August	27	+ 7249	— 47124	— 21457
September	26	+ 8337	— 44688	— 20340
October	26	+ 8397	— 41993	— 19236
November	25	+ 7302	— 39288	— 18283
December	25	+ 5008	— 36879	— 17635
1860. Jänner	24	+ 1582	— 35103	— 17447
Februar	23	— 2768	— 34249	— 17832
März	24	— 7741	— 34653	— 18916
April	23	— 12960	— 36503	— 20731
Mai	23	— 17770	— 39860	— 23239
Juni	22	— 21823	— 44603	— 26310
Juli	22	— 24623	— 50461	— 29742
August	21	— 25870	— 57020	— 33295
September	20	— 25381	— 63813	— 36700
October	20	— 23184	— 70345	— 39710
November	19	— 19453	— 76175	— 42128
December	19	— 14485	— 80951	— 43815
1861. Jänner	18	— 8647	— 84433	— 44700
Februar	17	— 2334	— 86500	— 44667
März	19	+ 4102	— 87127	— 44090
April	18	+ 10309	— 86314	— 42642
Mai	18	+ 15935	— 84061	— 40432

Oppositions-Ephemeride der Leda für 0h mittl. Berl. Zeit.

Datum		α	δ	ly △
1861. März	1	12h 26 40·02	— 13 18 55·86	0·2311894
„	2	25 59·63	18 14·13	
„	3	25 18·10	17 19·79	
„	4	24 37·67	16 12·71	
„	5	23 51·74	14 53·41	0·2263071
„	6	23 6·95	13 22·00	
„	7	22 21·18	11 38·68	
„	8	21 34·47	9 43·68	
„	9	20 46·90	7 37·16	0·2224005
„	10	19 58·52	5 19·62	
„	11	19 9·39	2 50·73	
„	12	18 19·56	0 10·86	
„	13	17 29·08	— 12 57 20·26	0·2195140

Datum		α	δ	ly Δ
1861. März . . .	14	12h 16 38·05	54 19·38	
„ . . .	15	15 46·52	51 8·15	
„ . . .	16	14 54·54	47 46·87	
„ . . .	17	14 2·20	44 15·90	0·2177155
„ . . .	18	13 9·50	40 35·70	
„ . . .	19	12 16·59	36 46·36	
„ . . .	20	11 23·50	32 48·23	
„ . . .	21	10 30·34	28 41·75	0·2170491
„ . . .	22	9 37·10	24 27·22	
„ . . .	23	8 43·90	20 5·11	
„ . . .	24	7 50·66	15 35·79	
„ . . .	25	6 57·80	10 59·65	0·2175366
„ . . .	26	6 5·03	6 17·36	
„ . . .	27	5 12·53	1 28·74	
„ . . .	28	4 20·39	— 11 56 34·17	
„ . . .	29	3 28·60	51 34·21	0·2191739
„ . . .	30	2 37·28	46 29·15	
„ . . .	31	1 46·46	41 19·70	
1861. April . .	1	0 56·20	36 6·30	
„ . .	2	0 6·57	30 49·38	0·2219480
„ . .	3	11 59 17·60	25 29·50	
„ . .	4	58 29·40	20 6·87	
„ . .	5	57 42·00	14 41·93	
„ . .	6	56 55·44	9 15·19	0·2258204
„ . .	7	56 9·76	3 46·77	
„ . .	8	55 25·05	— 10 58 17·72	
„ . .	9	54 41·34	52 48·45	
„ . .	10	53 58·68	47 19·30	0·2307414
„ . .	11	53 17·08	41 50·67	
„ . .	12	52 36·62	36 22·98	
„ . .	13	51 57·33	30 56·60	
„ . .	14	51 19·24	25 31·88	0·2366279
„ . .	15	50 42·37	20 9·23	
„ . .	16	50 6·79	14 49·02	
„ . .	17	49 32·53	9 31·63	
„ . .	18	48 59·63	4 17·45	0·2434214
„ . .	19	48 28·13	— 9 59 6·87	
„ . .	20	47 58·07	54 0·29	
„ . .	21	47 29·48	48 58·12	
„ . .	22	47 2·40	44 0·77	0·2510634

Die specifische Wärme bei constantem Volumen.

Von **Dr. Gustav Tschermak.**

Wenn ein Körper, dessen Gewicht gleich der Einheit, unter dem mittleren Atmosphärendruck ω um dt erwärmt wird, und sich um dv ausdehnt, so leistet er im Allgemeinen bei der Ausdehnung die äussere Arbeit, ωdv die innere Pdv, wo P den inneren Widerstand bezeichnet. Nennt man c die specifische Wärme bei dem constanten Druck $= \omega$ und c_1 die specifische Wärme ohne Ausdehnung, A das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit, so erhält man:

$$(c - c_1)\, dt = A\,(\omega dv + Pdv) \qquad 1)$$

Würde der Körper zuerst bei constantem Volumen um dt erwärmt, so dass er die Temperatur $t + dt$, die Spannung $p + dp$ besässe, und hierauf bei constanter Temperatur und allmählich abnehmendem Drucke auf das Volum $v + dv$ bei dem Drucke p gebracht, so wäre zu dieser Ausdehnung der Wärmemenge $(C - c_1)dt$ nöthig, wo $C =$ der gewöhnlichen specifischen Wärme bei dem Drucke p. Dieselbe Wärmemenge wird offenbar erzeugt, wenn jetzt der Körper bei constanter Temperatur $= t + dt$ zusammengepresst wird, bis er das Volumen v und die Spannung $p + dp$ besitzt. Man hat also

$$(C - c_1)\, dt = A\,(p + \frac{dp}{2})\, dv \qquad 2)$$

Hieraus ergibt sich für den gasförmigen Zustand nach dem Gesetze $pv = \omega v_0\,(1 + \alpha t)$

$$c - c_1 = A\,\omega\, v_0\,[l\,(1 + \alpha) + \frac{\alpha^2}{2} - \ldots]$$

also sehr nahe

$$c - c_1 = A\,\omega\, v_0\,\alpha$$

und es folgt aus dem Vergleiche mit 1) dass für Gase $P\Delta v = o$ die innere Arbeit bei der Ausdehnung $= o$ sei, was übrigens schon das Gay-Lussac-Mariotte'sche Gesetz aussagt.

Für flüssige und feste Körper gelten, woferne v_1 das Volum bei der Temperatur t_1 und m den Coëfficient der Massenelasticität bezeichnet, die Beziehungen:

$$v = v_1 (1 - mP) \qquad 3)$$

$$v_1 = v_0 (1 + \alpha t_1) \qquad 4)$$

wo m und α für geringe Druck- und Temperaturänderungen constant angenommen werden können. Die innere und die äussere Arbeit bei der Ausdehnung lassen sich hier leicht sondern und man erhält $v - v_1, = v_0\,\alpha$ und die Temperatur = constant gesetzt nach 1)

$$c - c_1 = A\int_v^{v_1} (\omega dv + P dv)$$

$$c - c_1 = A\left(\omega v_0\,\alpha + \frac{v_0^2 \alpha^2}{2m\, v_1}\right) = A v_0 \alpha \left(\omega + \frac{v_0 \alpha}{2\mu v_1}\right) \qquad 5)$$

bezeichnet nun μ die Volumänderung für eine Atmosphäre Druckerhöhung, also $\mu = m\omega$, so ergibt 5)

$$c - c_1 = A\omega v_0 \alpha \left(1 + \frac{v_0\,\alpha}{2\mu v_1}\right) \qquad 6)$$

Dasselbe Resultat folgt näherungsweise aus 2).

Darnach sind die folgenden Zahlen unter $c - c_1$ berechnet, während unter J die zur Leistung der innern Arbeit nöthige Wärmemenge, also die Differenz der eigentlichen Wärmecapacitäten aufgeführt erscheint. Die Werthe von α und μ in Millionteln sind den Resultaten Kopp's und Grassi's entnommen.

	t	α	μ	$c - c_1$	J
Wasser	$t = 0°$	$\alpha = -53$	$\mu = 50 \cdot 3$	$c - c_1 = -0 \cdot 000\,000\,61$	$J = 0 \cdot 000\,000\,68$
	$t = 10°$	$\alpha = 90$	$\mu = 48 \cdot 0$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,004\,24$	$J = 0 \cdot 000\,002\,05$
	$t = 25°$	$\alpha = 310$	$\mu = 45 \cdot 6$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,033\,41$	$J = 0 \cdot 000\,025\,89$
	$t = 53°$	$\alpha = 661$	$\mu = 44 \cdot 1$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,135\,27$	$J = 0 \cdot 000\,119\,16$
Äther	$t = 0°$	$\alpha = 1480$	$\mu = 111$	$c - c_1 = 0.000\,375$	$J = 0 \cdot 000\,323$
	$t = 13°$	$\alpha = 1580$	$\mu = 153$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,308$	$J = 0 \cdot 000\,270$
Methyl Alkohol	$t = 13°$	$\alpha = 1726$	$\mu = 91 \cdot 3$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,530$	$J = 0 \cdot 000\,480$
Äthyl Alkohol	$t = 7°$	$\alpha = 1074$	$\mu = 82 \cdot 8$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,240$	$J = 0 \cdot 000\,209$
	$t = 13°$	$\alpha = 1095$	$\mu = 99 \cdot 1$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,215$	$J = 0 \cdot 000\,182$
Quecksilber	$t = 0°$	$\alpha = 179$	$\mu = 2 \cdot 95$	$c - c_1 = 0 \cdot 000\,0101$	$J = 0 \cdot 000\,0097$

Man sieht hieraus, dass für flüssige Körper der Unterschied der Wärmecapacitäten c und c_1 so wie die bei der Ausdehnung geleistete

innere Arbeit unbedeutend seien im Vergleiche zu der übrigen Wärmemenge, die bei der Temperaturerhöhung aufgenommen wird.

Demnach erhält man auch für den Quotienten $\frac{c}{c_1}$ Werthe, die von der Einheit sehr wenig abweichen wie z. B. für

Äther bei 0° C. $\frac{c}{c_1} = 1 \cdot 000\,33$
Wasser „ 10 „ $= 1 \cdot 000\,004$

Dies wird auch durch die Resultate der Versuche über die Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten bestätigt. Es stimmen nämlich die nach der Formel

$$u = \sqrt{\frac{g\omega}{s\mu}},$$

worin u die Schallgeschwindigkeit, g die Acceleration der Schwere, s das specifische Gewicht bedeuten, berechneten Zahlen sehr nahe mit den durch die Erfahrung erhaltenen überein.

		Berechnet	Beobachtet	
Z. B. für Wasser	bei 8°	$u=1429^m$	$u=1435^m$	Coll. u. Sturm,
„ „ Meerwasser ($\mu=43 \cdot 6$)	„ 17	$u=1505$	$u=1500$	Beudant.

Auch die von Wertheim indirect erhaltenen Zahlen zeigen ziemliche Übereinstimmung, z. B.:

		Berechnet	Beobachtet	
für Alkohol	bei 13°	$u=1131$	$u=1160$ bei 23°	Wertheim,
„ Äther	„ 0	$u=1114$	$u=1159$	

Mit der oben gegebenen Gleichung (6) stimmen die Resultate Zeuner's (Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie S. 183) nicht überein, weil derselbe bei der allgemeinen Ableitung seiner Gleichung irrthümlich annimmt, die sogenannte Carnot'sche Function $C = Ap\left(\frac{dt}{dp}\right)$ habe für alle Körper und Aggregatzustände denselben Werth, nämlich $C = \frac{A}{\beta}(1+\beta t)$, wo β der Ausdehnungscoëfficient der Gase. In Folge dessen erhält Zeuner für $c - c_1$ Werthe, die beiläufig 500mal so gross als die oben angeführten erscheinen.

XII. SITZUNG VOM 25. APRIL 1861.

Das w. M., Herr Prof. A. E. Reuss, übersendet eine Abhandlung: „Paläontologische Beiträge“.

Das w. M., Herr Prof. R. Kner, übergibt die fünfte Fortsetzung (Schluss) seiner Abhandlung: „Über den Flossenbau der Fische“.

Herr Prof. E. Brücke, legt eine Abhandlung: „Über den feineren Bau der Leber“ von Herrn J. Andrejević aus Neusatz, vor.

Derselbe überreicht ferner die 2. Abtheilung seiner bereits in der Sitzung am 14. Juli 1859 vorgelegten Abhandlung: „Beiträge zur Lehre von der Verdauung“.

Herr Dr. A. Boué spricht über Lejean's ethnographische Karte der Türkei.

Das c. M., Herr Prof. K. Langer, legt den ersten Theil einer Abhandlung: „Über die Spaltbarkeit der Cutis“ vor.

Herr Dr. J. Wiesner überreicht eine Abhandlung: „Die Blattbögen und ihre Berechnung“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Fr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. N. R. Band XLII, Heft 1. Leipzig und Heidelberg, 1861; 8°.

Archiv für die Holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde, herausgegeben von F. C. Donders und W. Berlin. Band II, Heft 4. Utrecht, 1860; 8°.

Astronomical Journal, The —, Nr. 142 & 143. — Vol. VI, Nr. 22 & 23. Cambridge, 1860; 4°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1304. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, XVI. Heft. Wien, 1861; 8°.

Barker, T. Herbert, On the Hygienic Management of Infants and Children. London, 1859; 8°· — On Cystic Entozoa in the Human Kidney. With an illustrative Case. London, 1856; 8°· — The Influence of Sewer Emanations. London, 1858; 8°· — The Weather of the Year 1860. London, 1861. Fol. — Results of Meteorological Observations at Bedford, during the Year 1860. Bedford, 1861; 4°· — Severe Urticaria, produced by Some of the Setaceous Larvae. London, 1861; 8°·

Barral, J. A., De l'influence exercée par l'atmosphère sur la végétation. Leçon professée à la Société chimique de Paris le 4 Mai 1860; 8°·

Berlin, Universität, Die Gründung der königl. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Von Rudolf Köpke. Berlin, 1860; 4°· — Prolog zur ersten fünfzigjährigen Jubelfeier der königl. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, gedichtet von F. A. Maecker, vorgetragen bei Gelegenheit der Festvorstellung im königl. Schauspielhause am 14. October 1860; 4°· — Sacra Universitatis litterariae Fridericae Guilelmae ante L annos instituae die XV. mensis Octobris anni MDCCCLX celebranda indicunt Rector et Senatus. Berolini; 4°·

Bern, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften für das Jahr 1860. Bern, Neuchatel und Wien, 1860; 4° und 8°·

Bronn, Essai d'une réponse à la question de prix proposée en 1850 par l'Académie des sciences pour le concours de 1853, et puis remise pour celui de 1856. (Extrait du Supplément aux Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, tome II.) Paris, 1861; 4°·

Cosmos, X[e] Année, 18[e] Volume, 16[e] Livraison. Paris, 1861; 8°·

Gesellschaft, physikalisch-medizinische, zu Würzburg, Würzburger medizinische Zeitschrift. II. Band, 1. Heft. Würzburg, 1861; 8°·

Heuglin's, Th. v., Expedition nach Inner-Afrika zur Aufhellung der Schicksale Dr. Eduard Vogel's und zur Vollendung seines Forschungswerkes. Gotha, 1860; 8°·

Jan, Iconographie générale des Ophidiens. 1[re] Livraison. Decembre 1860. VI Tafeln, gr. 4°·

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1861; kl. 4°·

Löwen, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1859/60. Löwen, 1859 und 1860; 12° und 8°.

Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag. XXI. Jahrgang, vom 1. Januar bis 31. December 1860. Prag, 1861; 4°.

Melsens, Note sur les poudres de guerre, de mine et de chasse. Bruxelles, 1861; 8°.

Pettigrew, James, On the Arrangement of the muscular Fibres of the ventricular Portion of the Heart of the Mammal. (From the Proceedings of the Royal Society for April 19, 1860.) 8°.

Review, Natural History —, a Quarterly Journal of Biological Science Nr. 1. January 1861. London; 8°.

Schmidt, J. F. Julius, Beiträge zur physikalischen Geographie von Griechenland. (Publications de l'Observatoire d'Athènes. IIe série, tome I.) Athen, 1861; 4°.

Société géologique de France, Bulletin. 2e série, tome XVIIIe, feuilles 1—6. Paris, 1860 à 1861; 8°.

Society, Geological, of Dublin, Journal of the, — Vol. VIII, part 3. Dublin, 1860; 8° — Haugthon, Samuel, On the fossils Brought from the artic Regions in 1859, by Capitain Sir F. L. M. Clintock. (Read before the Royal Dublin Society, and reprinted from the Natural History Review and Quarterly Journal of science for July, 1860; 8° — Haughton, Samuel, On Cyclostigma, a new Genus of fossil Plants from the old red Sandstone of Kiltorcan, Co. Kilkenny; and on the general Law of Phylotaxis in the Natural Orders, — Lycopodiaceae, Equisetaceae, Filices etc. (Read before the Royal Dublin Society, May 27, 1859.) 8°

— Royal of Edinburgh, Transactions. Vol. XXI, parts 3 & 4, 1855—1857. — Vol. XXII, parts 1 & 2, 1858—1860; 4° — Supplement to Volume XXII. Edinburgh, 1860; 4° — Proceedings, Vol. IV, Nr. 50, Edinburgh, 1859—1860; 8°

Verein, naturhistorisch-medizinischer zu Heidelberg, Verhandlungen. Band II, Heft 3. 1860; 8°.

— naturhistorischer, der preussischen Rheinlande und Westphalens, Verhandlungen. XVII. Jahrgang, 1. & 2. Hälfte. Bonn, 1860; 8°.

— für Naturwissenschaften zu Hermannstadt, Verhandlungen und Mittheilungen. XI. Jahrgang, Nr. 7 — 12. Hermannstadt, 1860; 8°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, X. Jahrgang, Nr. 13. Gratz, 1861; 4°.

Zerrenner, Karl, Die Braunstein- oder Manganerz-Bergbaue in Deutschland, Frankreich und Spanien. Ein monographischer Versuch für Geologen, Bergleute, Glashüttenbesitzer u. s. w. Mit 2 lithographirten Tafeln. Freiberg, 1861; 8°.

Beiträge zur Lehre von der Verdauung.

Von **Ernst Brücke.**

Zweite Abtheilung.

I. Das Pepsin.

Diejenigen, welche bis jetzt über die chemische Constitution des Pepsins eine bestimmte Meinung geäussert, haben dasselbe für eine eiweissartige Substanz erklärt. Der Grund hierfür lag theils in dem Resultate einer von C. Schmidt in Dorpat ausgeführten Elementaranalyse, theils darin, dass gut wirkende Verdauungsflüssigkeiten, die man nach Kräften von fremden Beimischungen gereinigt hatte, eine Reihe von Reactionen zeigten, welche uns an den Lösungen der Eiweisskörper bekannt sind.

Bei näherer Betrachtung stellen sich diese Motive als sehr ungenügend heraus.

C. Schmidt fand:

C — 53·0
H — 6·7
N — 17·8
O — 22·5

Vergleicht man diese Zahlen mit denen, welche seiner Zeit für Mulder's Protein, und mit denen, welche für das Eiweiss, das Fibrin, das Caseïn gefunden worden sind, so stimmen sie mit keinen genau. Namentlich ist die Zahl für den Stickstoff zu hoch. Der Schwefel ist nicht berücksichtigt.

Dabei bietet die Art der Darstellung keinerlei Garantie, dass man es mit einer reinen Substanz und nicht mit einem Gemenge zu thun hatte. Magensaft wurde mit Kalkwasser neutralisirt, filtrirt, das

Filtrat zur Öldicke verdunstet und mit Alkohol gefällt. Der Niederschlag wurde in wenig Wasser gelöst, mit Sublimatlösung gefällt und das hierdurch Niedergeschlagene für die Elementaranalyse benutzt [1]).

Die Resultate einer älteren Analyse von J. Vogel entfernen sich noch weiter von den Zahlen der Eiweisskörper. Auch sie gewähren keine Sicherheit, da das Material für die Analyse nach Wassmann's Verfahren gewonnen war, dessen Mangelhaftigkeit später vollkommen einleuchten wird.

Die Reactionen, aus denen man geschlossen hat, dass das Pepsin der Gruppe der Eiweisskörper angehöre, können uns ebenfalls kein Vertrauen einflössen; denn sie sind sämmtlich beobachtet worden an Verdauungsflüssigkeiten, die ausser dem Pepsin noch andere Körper enthalten konnten, welche mit diesem gleichzeitig durch Quecksilberchlorid, essigsaures Blei und Alkohol, Körper die man bei der Bereitung anwendete, gefällt wurden.

Diesen Reactionen gegenüber muss ferner bemerkt werden, dass, wie schon Th. Schwann wusste, das Pepsin aus seinen saueren Lösungen durch Blutlaugensalz nicht gefällt wird.

Ich habe den Gegenstand einer erneuerten Untersuchung unterworfen und kann nach dieser die besprochene Annahme nicht bestätigen.

Die abpräparirte Drüsenschicht von zwei Schweinsmagen wurde mit verdünnter dreibasischer Phosphorsäure bei 38° Cels. bis zum Zerfallen digerirt, die so gewonnene Verdauungsflüssigkeit mit Kalkwasser so weit gesättigt, dass sie blaues Lackmuspapier eben noch violet färbte, vom phosphorsauren Kalk auf dem Spitzbeutel abfiltrirt und derselbe schliesslich unter der Schraubenpresse abgepresst. Bei diesem Verfahren fällt fast alles Pepsin mit dem phosphorsauren Kalk nieder. Löst man denselben mit etwas Chlorwasserstoffsäure wieder auf, so erhält man eine Flüssigkeit, welche selbst noch in sehr hohen Verdünnungsgraden energisch verdaut, während die vom phosphorsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit, wenn man sie ansäuert, nur geringe Spuren verdauender Wirkung zeigt. Dagegen färbt sich letztere Flüssigkeit mit Salpetersäure erwärmt und dann mit Ammoniak gesättigt intensiv gelb, während bei der vorerwähnten energisch verdauenden Flüssigkeit unter gleicher Behandlung die Färbung viel

---

[1]) Bidder und Schmidt, die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, p. 46.

schwächer ausfällt. Diese letztere Flüssigkeit führte also bei unverhältnissmässig grösserem Pepsingehalte offenbar weniger fremde Stoffe als das ursprüngliche durch Selbstverdauung der Magenschleimhaut erhaltene Product.

Nachdem ich dieselbe zu einigen anderen Versuchen verbraucht hatte, stellte ich mir eine neue in folgender Weise dar. Ich digerirte wiederum zwei Schweinemagen-Schleimhäute mit verdünnter Phosphorsäure bei 38° Cels. Als einzelne Stücke eben anfingen zu zerfallen, seihte ich die Flüssigkeit ab, ersetzte sie durch neue verdünnte Phosphorsäure und digerirte nun weiter bis zum vollständigen Zerfallen, so dass ich eine klar durchs Filtrum gehende Flüssigkeit erhielt, aus der Blutlaugensalz kein Eiweiss mehr fällte. Diese sättigte ich mit Kalkwasser so weit, dass sich blaues Lackmuspapier eben noch schwach violet färbte, sammelte den phosphorsauren Kalk auf dem Spitzbeutel, presste ihn ab und löste ihn noch feucht unter Zusatz von verdünnter[1]) Salzsäure wieder in Wasser auf. Die so erhaltene Flüssigkeit fällte ich zum zweiten Male mit Kalkwasser, sammelte den phosphorsauren Kalk wiederum auf dem Spitzbeutel, presste ihn ab, übergoss ihn noch feucht mit wenig Wasser und fügte demselben in grossen Intervallen und in kleinen Portionen Phosphorsäure hiezu. Hiedurch wandelte ich zunächst PO_5+3CaO in $PO_5+2CaO+HO$ um.

Es war leicht zu beobachten, wann dieser Process beendet war, indem die kleisterartige Masse des ersteren Salzes nach und nach in die sandige des zweiten überging, die sich mit dem Glasstabe leicht davon herunterrütteln liess. Nun filtrirte ich die Flüssigkeit ab, sie hatte höchst energische verdauende Wirkung, wenn sie mit angesäuertem Wasser verdünnt wurde, färbte sich aber auch mit Salpetersäure und Ammoniak noch ziemlich stark gelb. Was auf dem Filtrum geblieben war, wusch ich einige Male mit destillirtem Wasser, verstopfte dann den Trichter und goss verdünnte Phosphorsäure auf, so dass sich nur ein Theil des $PO_5+2CaO+HO$ löste, indem dabei $PO_5+CaO+2HO$ gebildet wurde. Am andern Tage zog ich den Stopfen vom Trichter und liess die Flüssigkeit ablaufen. Sie verdaute

---

[1]) Ich kann die Grenze der nöthigen Verdünnung bis jetzt nicht genau angeben. Davon aber habe ich mich überzeugt, dass eine Säure, welche 23 Gramme ClH im Liter enthält, die wirksamen Eigenschaften des Pepsins nicht beeinträchtigt, man kann also diese oder eine verdünntere ohne Scheu anwenden.

mit angesäuertem Wasser verdünnt sehr energisch und färbte sich mit Salpetersäure und Ammoniak nur noch wenig gelb. Ich wusch wieder einige Male mit destillirtem Wasser, verstopfte wieder, goss wieder verdünnte Phosphorsäure auf, um eine neue Quantität des zweidrittel dreibasisch phosphorsauren Kalks zu zerlegen, und so fort bis ich eine Flüssigkeit erhielt, die sich mit Salpetersäure und Ammoniak nicht mehr merklich gelb färbte. Ein Tropfen dieser Flüssigkeit mit fünf Kubikcentimeter Chlorwasserstoffsäure vom Säuregrad 1 (1 Gramm ClH in Liter Wasser) verdünnt löste eine hineingeworfene Fibrinflocke bei 17½° Cels. in Zeit von einer Stunde grösstentheils auf, so dass der am Boden des Reagirglases liegende Rest beim Umschütteln in kleine Wölkchen zerstob.

Bekanntlich geben die Eiweisskörper mit Schwefelsäure und etwas Zuckerlösung eine schöne weinrothe bis violete Farbe, ähnlich so, wie dies Pettenkofer zuerst an der Choloidinsäure beobachtete. Unsere Flüssigkeit zeigte diese Reaction nicht.

Eiweisskörper mit starker Chlorwasserstoffsäure der atmosphärischen Luft ausgesetzt, geben eine violetblaue Lösung. Auch auf diese Reaction wurde unsere Flüssigkeit vergebens geprüft. Sie steht übrigens den beiden erstgenannten an Empfindlichkeit bei weitem nach. Sie blieb schon bei einer weniger sorgfältig gereinigten Pepsinlösung aus, welche die beiden anderen noch sehr deutlich zeigte.

Der Umstand, dass das Pepsin aus seiner phosphorsauren Lösung durch Kalkwasser mit phosphorsaurem Kalk ausgefällt wird, konnte die Aussicht auf Reindarstellung unserer Substanz eröffnen.

Zuvor musste aber untersucht werden, ob das Pepsin eine Verbindung mit dem phosphorsauren Kalke eingeht, oder ob es beim Niederfallen des letzteren nur mechanisch mitgerissen wird.

Ich fällte Phosphorsäure mit Kalkwasser im Überschuss und wusch den noch feuchten basisch phosphorsauren Kalk erst durch Decantiren, dann auf dem Filtrum aus. Noch feucht brachte ich ihn in reichlicher Menge in eine vorher sorgfältig mit Ammoniak neutralisirte Verdauungsflüssigkeit, schüttelte sie fleissig damit und filtrirte. Das Filtrat mit Salzsäure oder Phosphorsäure angesäuert, verdaute nicht, während ein Theil der neutralisirten Verdauungsflüssigkeit, der nicht mit phosphorsaurem Kalk geschüttelt war, angesäuert wieder verdaute. Einen zweiten Versuch stellte ich in der

Weise an, dass ich Verdauungsflüssigkeit, ohne sie zu neutralisiren, mit phosphorsaurem Kalk schüttelte.

Ein verhältnissmässig kleiner Theil desselben wurde aufgelöst, von dem zurückbleibenden grösseren wurde abfiltrirt. Das Filtrat konnte nicht mehr zum Verdauen gebracht werden, während ein anderer Theil derselben Verdauungsflüssigkeit, in den ich nur so viel phosphorsauren Kalk gethan hatte, als sich darin auflöste, wieder verdaute, nachdem er von neuem angesäuert worden war.

Nach diesen Versuchen lag es zu nahe, das Pepsin werde beim Fällen seiner phosphorsauren Lösungen mit Kalkwasser nur mechanisch mitgerissen, als dass ich in der Absicht dasselbe rein darzustellen diesen Weg hätte weiter verfolgen sollen. Dagegen war das mechanische Anhaften an kleinen festen Körpern an und für sich eine Erscheinung, die weiter verfolgt zu werden verdiente und aus der ich vielleicht einen Nutzen ziehen konnte. Ich wendete anstatt des phosphorsauren Kalks zunächst Thierkohle an, die in der gewöhnlichen Weise aus Hornspänen bereitet war. Sie wirkte ebenso. Verdauungsflüssigkeit, damit geschüttelt und filtrirt, hatte ihr Verdauungsvermögen vollkommen eingebüsst.

Der Grund dieser Unwirksamkeit war einzig Mangel an Pepsin, denn nachdem ich ohne den Säuregrad zu verändern einige Tropfen Pepsinlösung hinzugefügt hatte, verdaute sie wieder kräftig.

Fein vertheilter Schwefel, den ich durch Fällen einer Schwefelkaliumlösung mit Salzsäure bereitet und dann ausgewaschen hatte, wirkte auch, aber schwächer. Ich brauchte eine viel grössere Menge Schwefel um alles Pepsin aus einer Verdauungsflüssigkeit aufzufangen, als unter gleichen Umständen Kohle dazu nöthig war.

Es kam mir nun der Gedanke, das Pepsin mechanisch an kleine feste Körper zu binden und diese dann aufzulösen in einem Menstruum, in dem sich das Pepsin nicht löst.

Vielleicht konnte ich so das Pepsin von anderen Körpern, mit denen es in natürlichen und künstlichen Verdauungsflüssigkeiten gemengt vorkommt, vollkommener isoliren als dies früheren Experimentatoren gelungen war. Ich versuchte es zuerst mit Schwefel und Chloroform. Ich fing das Pepsin mit feinvertheiltem Schwefel auf, wusch aus, vertheilte in wenig Wasser und schüttelte mit Chloroform; aber die Flüssigkeiten setzten sich schlecht aus einander und das Verfahren hatte nicht das gewünschte Resultat.

Nun schlug ich ein anderes ein. Ich sättigte ein Gemenge von 4 Theilen Weingeist (von 94 Volumproc. Alkohol) und einem Theile Äther kalt mit Cholesterin. Dann bereitete ich eine Pepsinlösung mittelst Phosphorsäure und Kalkwasser in der Weise wie ich es oben geschildert habe. Nachdem ich zum zweiten Male mit Kalkwasser gefällt und abgepresst hatte, löste ich den phosphorsauren Kalk mit dem ihm anhaftenden Pepsin in verdünnter Chlorwasserstoffsäure und filtrirte in eine grosse Flasche. In diese Flasche setzte ich dann einen langen Trichter, der bis zum Boden hinabreichte, und goss durch diesen in kleinen Portionen die Cholesterinlösung hinein. Das sich ausscheidende Cholesterin sammelte sich in Form eines weissen Schlammes an der Oberfläche an. Als derselbe die Dicke von etwa einem Zoll erreicht hatte, wurde der Trichter herausgezogen, die Flasche geschlossen und anhaltend geschüttelt, um möglichst viel Pepsin an das feinvertheilte Cholesterin zu binden: dann filtrirte ich und wusch aus, anfangs mit Wasser, das mit Essigsäure angesäuert war, dann mit reinem Wasser. Das Auswaschen wurde fortgesetzt bis das Waschwasser sich weder mit Silberlösung trübte noch sauer reagirte. Nun leerte ich das feuchte Cholesterin in ein Pulverglas und übergoss es mit Äther, den ich vorher mit destillirtem Wasser geschüttelt hatte, um ihn vom Weingeist zu befreien.

Mittelst des Äthers löste ich das Cholesterin auf, während sich das anhaftende Wasser davon trennte und eine trübe Schicht am Boden des Glases bildete. Der Äther wurde abgegossen und durch neuen ersetzt, wiederum geschüttelt, dann abgegossen u. s. w. Nachdem dies mehrmals wiederholt war, liess ich das Gefäss offen stehen, bis die letzte dünne Ätherschicht, die nicht mehr ohne Verlust abgegossen werden konnte verdunstet war, dann filtrirte ich. Auf dem Filtrum blieb eine geringe Menge einer schleimigen Substanz. Das vollkommen neutrale wasserhelle Filtrat zeigte angesäuert energische Wirkungen. Es löste nicht nur eine hineingeworfene Fibrinflocke zusehens auf, sondern ein einziger Tropfen zu fünf Kubikcentimeter Salzsäure vom Säuregrad 1 (1 Gramm ClH im Litre) gesetzt, theilte dieser so viel Verdauungsvermögen mit, dass sie eine hineingeworfene Fibrinflocke in der Zeit von etwa einer Stunde auflöste.

Ich habe in der ersten Abtheilung erwähnt, dass schon Schwann beobachtete, wie die Verdauungsflüssigkeiten oft in starker Verdün-

nung energischer wirken als im concentrirteren Zustande und dies aus dem hemmenden Einflusse fremder Beimischungen erklärt, die sich bei stärkerer Verdünnung weniger geltend machen. Die in Rede stehende Pepsinlösung gibt den Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht, denn obgleich sie immerhin so concentrirt war, dass ein einziger Tropfen 5 Kubikcentimetern Flüssigkeit noch ziemlich kräftige verdauende Wirkungen mittheilte, so verdaute sie unverdünnt zwar nicht schneller, aber auch nicht langsamer als die besten Verdauungs-Flüssigkeiten, die ich je unter Händen gehabt habe.

Diese Flüssigkeit nun zeigte eine Reihe von Reactionen nicht, welche verschiedene Autoren als den Pepsinlösungen zukommend beschreiben. Durch concentrirte Salpetersäure, durch Jodtinctur und durch Tannin wurde sie nicht getrübt, was zeigt, dass sie keine chemisch nachweisbaren Spuren irgend eines Eiweisskörpers enthielt. Eben so wenig trübte sie sich durch Quecksilberchlorid. Dies ist für uns von besonderer Wichtigkeit, da das vermeintliche Pepsin, welches C. Schmidt analysirte, damit gefällt war. Auch Schwann und Wassmann führen Sublimat mit unter den Substanzen an, die das Pepsin fällen und zur Darstellung desselben dienen können; offenbar bestanden die Niederschläge, die sie damit erhielten, der Hauptmasse nach aus anderen Körpern und das Pepsin war mitgerissen, wie es auch vom phosphorsauren Kalk mitgerissen wird.

Salpetersaures Silberoxyd machte meine Flüssigkeit sehr schwach opalisirend. Die kaum merkliche und nur bei seitlich einfallendem Lichte wahrnehmbare Erscheinung verschwand auf Zusatz von Ammoniak und rührte wahrscheinlich von einer sehr geringen Menge einer Chlorverbindung her, die an dem Cholesterin haften blieb und nach Auflösung desselben zum Vorschein kam.

Vom Platinchlorid wurde die Flüssigkeit deutlich getrübt und stärker noch durch basisches und durch neutrales essigsaures Blei, das selbst noch, nachdem mit Essigsäure angesäuert war, eine starke Trübung hervorbrachte.

Man kann gegen diese Versuche einwenden, dass man ja nicht wisse, in wie kleinen Quantitäten das Pepsin wirksam sei und desshalb auch nicht wissen könne, ob es in der untersuchten Flüssigkeit trotz ihrer Wirksamkeit nicht in so geringer Menge vorhanden war, dass es sich durch chemische Reagentien nicht nachweisen liess. Ich

muss die Berechtigung dieses Einwurfs um so mehr anerkennen, als ich direct durch Auflösung des Spitzbeutelinhaltes in überschüssiger Phosphorsäure, oder in Salzsäure, oder durch Zerlegen desselben mit Oxalsäure Flüssigkeiten gewonnen habe, von denen ein Tropfen in fünf Kubikcentimetern Wasser vertheilt eine hineingeworfene Fibrinflocke binnen 10 Minuten löste; andererseits wird es aber gerade bei dieser Wirksamkeit des Pepsins in sehr kleinen Quantitäten und bei seiner Neigung, sich Niederschlägen anderer Körper anzuhängen, denen, welche das Pepsin als einen eiweissartigen Körper betrachten, schwer werden zu beweisen, dass ihre Niederschläge, auch wenn sie wieder aufgelöst oder zerlegt verdauende Flüssigkeiten gaben, der Hauptmasse nach aus Pepsin und nicht aus anderen Körpern bestanden haben.

Ich hätte die mittelst des Cholesterins gewonnene Lösung in grösserer Menge bereiten und durch Verdunsten concentriren können; aber die Versuche hätten auch dann keine absolute Beweiskraft gehabt, da man, so lange das Pepsin nicht rein dargestellt ist, Niemandem vorschreiben kann, bis zu welcher Höhe er sich mit seinen Vorstellungen über die Wirkungen minimer Quantitäten von Pepsin versteigen darf. Ich habe von hier ab die Versuche über die chemische Beschaffenheit des Pepsins vorläufig auf sich beruhen lassen. *Der* Faden, dem man bis jetzt gefolgt war, war mir in der Hand zerrissen: um einen neuen zu finden hätte ich das Pepsin rein darstellen müssen, und daran konnte ich vor der Hand nicht denken, weil ich keine Aussicht hatte das Pepsin zum Krystallisiren zu bringen oder in eine krystallisirte Verbindung überzuführen. Ich habe desshalb zunächst einige andere Punkte studirt, die man auch ohne Reindarstellung des Pepsins näher erforschen kann.

II. Verdauung bei gehinderter oder unvollkommener Quellung.

Ich habe schon in der ersten Abtheilung meiner Beiträge *auf* den auffallenden Einfluss aufmerksam gemacht, den das Anquellen auf den Fortgang des Verdauungsprocesses ausübt und muss *hier* noch einiges nachholen, was ich später beobachtet habe, und was mir in Rücksicht auf die Vorstellungen, welche wir uns von dem Wesen des Verdauungsprocesses zu machen haben, nicht ganz ohne Interesse scheint.

Ist die Quellung mechanisch (durch Compression) oder chemisch (durch Zusatz von Salzlösungen) verhindert, oder ist der passende Säuregrad so weit überschritten, dass das Fibrin desshalb nur wenig aufquillt, so ist bei Gegenwart von nur geringen Pepsinmengen die Verdauung fast oder völlig unmerklich; anders aber verhält es sich wenn man grössere Pepsinmengen anwendet.

Man erhält dann unter übrigens ungünstigen Verhältnissen noch Verdauung, die aber in ihrer äusseren Form manches Eigenthümliche darbietet.

Man werfe in Wasser, das bis zum Säuregrade = 1 mit Salzsäure angesäuert ist, eine Fibrinflocke, die natürlich allsogleich aufzuquellen beginnt, dann füge man soviel Kochsalzlösung hinzu, dass sie wieder verschrumpft und hierauf eine kräftige im voraus auf den richtigen Säuregrad gebrachte Pepsinlösung. Die Flocke quillt nun nicht mehr auf, wird aber doch langsam, d. h. am nächsten oder dem darauf folgenden Tage verzehrt und zwar von innen her, so dass zuletzt beim Umschütteln die Rinde als eine weisse krümmliche Masse auseinander fällt. Es scheint, dass die Säure stärker in das Fibrin eindringt als das Kochsalz und desshalb die äusserste Schicht als am stärksten geschrumpft der Pepsinwirkung am wenigsten zugänglich ist. Ähnlich verhält es sich, wenn man mit blosser Salzsäure, aber bei einem zu hohen Säuregrade verdaut; nur verbreitet sich hier der Desaggregationsprocess doch gleichmässiger auf die ganze Fibrinflocke. Ich mischte eine starke Pepsinlösung so mit Wasser und Salzsäure, dass der Säuregrad 18 betrug. Eine hineingeworfene Fibrinflocke quoll darin sehr unvollkommen auf, aber doch war nach 8 Stunden die Verdauung schon merklich, und im Laufe des anderen Tages löste sich das Fibrin unter Zurücklassung einer starken Trübung in der Flüssigkeit allmählich auf.

Um den Einfluss grösserer Pepsinmengen bei hohen Säuregraden zu würdigen, vergleiche der Leser das Resultat dieses Versuches mit der 2ten in der ersten Abtheilung dieser Beiträge mitgetheilten Versuchsreihe. Bei dieser war weniger Pepsin angewendet und hier hatte schon ein Versuch vom Säuregrade 14·95 selbst nach 8 Tagen noch nicht verdaut.

Von der Phosphorsäure kann man, wenn man es nicht an Pepsin fehlen lässt, noch viel höhere Säuregrade anwenden. Ich digerirte käufliches Pepsin von D. Stephan und Lamatsch mit Phosphor-

säure vom specifischen Gewicht 1·12 in der Brutwärme, filtrirte und warf in das erkaltete Filtrat eine Fibrinflocke. Sie quoll darin viel weniger auf als in einer verdünnteren Säure, aber schmolz nach und nach ähnlich wie ein Eiweisswürfel von aussen ab, bis sie sich im Laufe des nächsten Tages vollständig gelöst hatte. Dieselbe Phosphorsäure für sich allein übte eine solche Wirkung nicht aus. Diese rührte also vom Pepsin her. Ich bitte den Leser sich hierbei zu erinnern, dass nach Dalton eine Phosphorsäure vom specifischen Gewicht 1·1 in 100 Gewichtstheilen bereits 10 Gewichtstheile PO_5 enthält.

III. Pepsin und Galle.

Es ist bekannt, dass jede Verdauung mittelst Pepsin durch Zumischung von Galle aufgehoben wird; woher rührt das? Um alle Umstände, welche dabei in Betracht kommen, gehörig würdigen zu können, muss ich noch einmal auf das Verhalten des Pepsins gegen die Kohle zurückkommen. Ich habe bereits erwähnt, dass die Thierkohle aus einer Verdauungsflüssigkeit, mit der man sie schüttelt, alles Pepsin vollständig aufnimmt, so dass die abfiltrirte Flüssigkeit keine Spur von verdauender Kraft mehr besitzt. Wenn man nun statt abzufiltriren eine Fibrinflocke in die mit Kohle geschüttelte und noch damit gemischte Verdauungsflüssigkeit wirft, so findet man sie am anderen Tage zwar aufgequollen, aber nicht gelöst. Das Resultat ist kein anderes, wenn auch die Flocke ganz in die mit Pepsin geschwängerte Kohle eingebettet ist. Sie verhält sich, als ob sie in verdünnter Salzsäure ohne Pepsin läge.

Die Kohlepartikeln berauben also, indem sie die Pepsinmolecüle anziehen, dieselben ihrer freien Bewegung in der Flüssigkeit und damit ihres Vermögens auf geronnene Eiweisskörper verdauend einzuwirken. Es ist nun bekannt, dass sich, sobald die Galle mit dem sauren Speisebrei in Berührung kommt, einen Niederschlag bildet, und man darf die Möglichkeit nicht ausser Acht lassen, dass durch die Theilchen desselben ein Theil des Pepsins ähnlich wie durch die Kohle mechanisch gebunden werde. Ich habe jedoch einige Versuche angestellt, welche beweisen, dass ganz abgesehen hievon die Galle die Verdauung mittelst Pepsin in sehr auffälliger Weise hindert, indem sie nicht nur den Quellungsprocess aufhebt, sondern auch schon aufgequollene Substanz wieder zum Verschrumpfen bringt.

Ich machte frische Ochsengalle mit etwas Phosphorsäure sauer und filtrirte von dem entstandenen Niederschlage ab. In die etwas trüb durch's Filtrum gehende Flüssigkeit, der ich Pepsin zusetzte, warf ich eine Fibrinflocke, sie quoll darin nicht auf und wurde nicht verdaut. Auch durch Nachsäuern konnte ich sie nicht zum Aufquellen und Verdautwerden bringen. Ich verdaute nun Fibrin in einer kräftigen Verdauungsflüssigkeit und versetzte die so erhaltene Lösung mit derselben angesäuerten Galle. Es entstand sogleich ein reichlicher Niederschlag.

Ich wendete von nun an, um die Bedingungen zu vereinfachen, zu meinen Versuchen Lösungen von krystallisirter Galle an, die auf die gewöhnliche Weise durch Auflösen der trockenen Ochsengalle in Alkohol und Zusetzen von Äther erhalten war. Ich bemerkte, dass diese Lösungen mit Flüssigkeiten, in denen Fibrin oder Eiweiss verdaut waren, immer starke Niederschläge gaben. Diese Niederschläge bestanden aus zwei verschiedenen Bestandtheilen. Der erste Bestandtheil, der stets und, so viel ich bemerken konnte, in dem Masse als gallensaure Salze zugesetzt waren, erschien, bestand in mikroskopisch kleinen runden Kügelchen oder Tröpfchen, die die ganze Flüssigkeit trübten und, wie die Milchkügelchen die Milch, weiss färbten. Sie gingen beim Schütteln mit Äther in denselben über und er liess dann nach dem Verdunsten einen in Alkohol löslichen Rückstand, der mit Zuckerlösung und Schwefelsäure Pettenkofer's Choloidinsäure-Reaction gab. Die Abscheidung dieser Kügelchen wurde nicht sowohl durch Pepsin und Säure, als vielmehr durch die Verdauungsproducte hervorgebracht. Ochsengalle wurde mit Pepsin und Säure versetzt und filtrirt, aus dem Filtrate schieden sich nach weiterem Zusatz von Pepsin und verdünnter Säure keine Tröpfchen mehr aus, wohl aber, wenn eine Lösung von Verdauungsproducten hinzugefügt wurde. Lösungen von krystallisirter Galle, die nach Zusatz von Pepsinlösung, von verdünnter Phosphorsäure, von Salzsäure vom Säuregrad = 1, von Salzsäure vom Säuregrad = 6, noch klar waren, zeigten augenblicklich die besagte milchige Trübung, sobald sie mit einer Lösung von Verdauungsproducten gemischt wurden. In ähnlicher Weise wurden sie von einer sauren Lösung von Hühnereiweiss gefällt.

Der zweite Bestandtheil tritt in wechselnder Menge auf und kann auch fehlen. Er ist keine Gallensubstanz, sondern ein Eiweiss-

körper und erscheint in um so grösserer Menge, je reichlicher durch Neutralisation und durch Salze aus der sauren Lösung fällbare Eiweisskörper vorhanden sind. Er färbt sich durch Einschliessen der vorerwähnten Tröpfchen milchweiss und bildet mit ihnen oft ein Coagulum, ähnlich dem, welches man durch Lab aus der Milch erhält, aber viel zerreiblicher, viel weniger zusammenhängend. Dies geschieht am leichtesten bei nur schwach saurer Reaction, ich habe es jedoch auch da wahrgenommen, wo noch eine nicht unbeträchtliche Menge von freier Säure vorhanden war. Bernard hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass sich dieser Niederschlag ziemlich fest an die Darmzotten anhängt und leitet davon ein längeres Verweilen des Chymus im Duodenum ab. In den Leçons de physiologie experimentale T. II (1856), p. 422 heisst es: „La partie celluleuse de l'aliment azoté qui a été dissoute par le suc gastrique est coagulée par la bile: on peut se convaincre de cela en filtrant le contenu de l'estomac chez un animal en digestion de viande. En ajoutant de la bile au liquide filtré, on obtient immédiatement un précipité, ce qui n'a pas lieu quand la secretion du suc gastrique et excitée chez l'animal à jeun, ou que le suc gastrique a été mis en contact avec des matières non azotées, fécule, sucre ou graisse. Quand les aliments azotés passent de l'estomac au duodénum, il se forme un précipité jaunâtre de toute la matière dissoute, qui adhère intimement aux villosités intestinales. La sécretion visqueuse des glandes duodénales favorise sans aucun doute encore cet arrêt des substances précipitées, retient en même temps les matières non dissoutes et les fait ségourner plus longtemps dans le duodénum, comme pour leur faire subir d'une manière plus prolongée l'action des liquides digestifs qui s'y rencontrent."

Vergleicht man nun dies alles mit dem, was ich am Schlusse der ersten Abtheilung dieser Beiträge über Meissner's Parapepton gesagt habe, so wird man leicht einsehen, wesshalb die Galle die Verdauung mittelst Pepsin so vollständig verhindert. Wenn schon die in der Flüssigkeit vertheilten, im höchsten Grade aufgequollenen Eiweisspartikeln derart zum Schrumpfen gebracht werden, dass sie sich in Form eines Niederschlages ausscheiden, so ist es wohl klar, dass das noch zusammenhängende Fibrin oder Eiweiss nicht in den für die Auflösung geeigneten Zustand gerathen kann, und sich desshalb das in der Flüssigkeit enthaltene Pepsin, auch

so weit es nicht mechanisch gebunden ist, unwirksam erweisen muss.

Jedes durch Zumischung von Galle zu einer Lösung von Verdauungsproducten hervorgebrachte Präcipitat löst sich wieder auf, sobald die Flüssigkeit alkalisch gemacht wird. Man muss dies wohl vor Augen haben, wenn man die Rolle beurtheilt, welche die Galle beim Verdauungsprocesse spielt.

Die Galle bewirkt erstens, dass die Dauer der Pepsinverdauung nicht abhängig ist von der Reaction des Speisebreies. Wo die Galle nicht in den Darm gelangt, wird die Pepsinverdauung fortgehen bis durch das Zufliessen der übrigen Secrete die Säure so weit abgestumpft ist, dass sie für diese Art der Verdauung nicht mehr hinreicht; wo aber die Galle in den Darmcanal gelangt, sistirt sie die Pepsinverdauung sofort, auch wenn noch eine beträchtliche Menge von freier Säure vorhanden ist. Die Galle schlägt ferner den grössten Theil oder doch einen grossen Theil der eben im Magen gelösten Eiweisskörper nieder; aber man kann darum nicht sagen, dass die Arbeit des Magens theilweise vergebens gewesen sei, indem die Verdauung nun erst wieder beginnen und durch den Pankreassaft und den *Succus entericus* vollführt werden müsse: denn die Auflösung des niedergeschlagenen folgt ohne weiters aus der Alkalescens und würde auch eintreten wenn das Alkali allein ohne die anderweitigen wirksamen Bestandtheile jener Secrete abgesondert würde, womit natürlich keineswegs behauptet werden soll, dass diese Bestandtheile nicht noch weitere Veränderungen auch in dem gelösten Theile der Eiweisskörper hervorbringen.

Anderseits wird die Galle, wenn sie, wie dies ja unter gewissen Umständen geschieht, in den Magen gelangt, auch hier die Pepsinverdauung aufheben und einen Niederschlag hervorbringen, und dieser Niederschlag wird durch das Pepsin nicht wieder gelöst werden, wohl wird er aber gelöst werden, wenn er in den Dünndarm gelangt und mit dessen alkalischem Inhalte dauernd in Berührung kommt.

IV. Wird das Pepsin bei der Verdauung zersetzt.

Schwann kam bei seinen Untersuchungen zu dem Resultate dass bei der Verdauung Pepsin verbraucht, zersetzt werde. Er spricht darüber folgendermassen: „Es fragt sich nun: Bleibt das zweite ver-

dauende Princip bei der Verdauung unverändert oder wird es zersetzt? und wenn das Letztere der Fall ist: Geben die Producte seiner Zersetzung Verbindungen ein mit den Zersetzungsproducten der verdauten Materien oder nicht? Wenn es unverändert bleibt, so muss auch seine verdauende Kraft fortbestehen. Um dies zu untersuchen, wurde in die abgegossene Flüssigkeit aus dem vorigen fünften Gläschen, welches ½ Proc. oder 0·6 Gran Verdauungsflüssigkeit auf ½ Lth. saueren Wassers enthielt und schon etwas verdaut hatte, frisches Eiweiss gelegt, und daneben ein Gläschen gestellt, worin eben so viel frische Verdauungsflüssigkeit mit eben so viel sauerem Wasser verdünnt war. Ferner wurde die Flüssigkeit aus dem vorigen dritten Gläschen, welche 4 Proc. oder 4·8 Gran Verdauungsflüssigkeit auf 120 Gran saueres Wasser enthielt, nachdem sie eine Drachme Eiweiss verdaut hatte, abgegossen und ein paar neue Eiweissstückchen hineingelegt. Daneben wurde ein Gläschen gestellt, welches ebenfalls 4 Proc. Verdauungsflüssigkeit Nr. 1 mit sauerem Wasser enthielt. Endlich wurden 12·5 Gran von der vorigen abgegossenen Flüssigkeit aus dem dritten Gläschen, welches 4·8 Gran Verdauungsflüssigkeit, ½ Lth. Wasser und 1 Drachme verdautes Eiweiss enthielt, mit ½ Lth. saueren Wassers vermischt. In dieser Flüssigkeit waren also 0·3 Gran der ursprünglichen Verdauungsflüssigkeit enthalten, daher wurde ein Gläschen mit 0·3 Gran Verdauungsflüssigkeit und ½ Lth. saueres Wasser ihm beigegeben. Nach 24 Stunden zeigte das Eiweiss in allen Gläschen eine beginnende aber geringe Chymification, und zwar war sie in den Gläschen, welche Verdauungsflüssigkeiten enthielten, die schon Eiweiss verdaut hatten, weit weniger vorgeschritten, wie in denen welche frische Verdauungsflüssigkeit in demselben Grade der Verdünnung enthielten. Die Verdauungsflüssigkeit musste daher durch die Verdauung einen Theil ihrer verdauenden Kraft verloren haben und es hatte sich auch bei der Verdauung aus dem Eiweiss nicht neues verdauendes Princip gebildet. Der Erfolg dieser Versuche liesse sich noch daraus erklären, weil die eine Reihe von Flüssigkeiten schon Eiweiss aufgelöst enthielten und desshalb ihrer Concentration wegen zur fernern Auflösung von Eiweiss nicht mehr geschickt wären. Dies würde sich zwar gegen den mittlern jener Versuche einwenden lassen, wo in ½ Lth. Flüssigkeit 1 Drachme Eiweiss aufgelöst war: aber im dritten Versuche, so wie auch im ersten, war eine grosse Menge saueren

Wassers im Überschuss vorhanden. Man hätte aber die erhaltenen Resultate noch dadurch erklären können, dass bei schon eingeleiteter Verdauung die Trennung der flüssigen Theile von den niedergeschlagenen (es entsteht bei der Verdauung eine milchige Trübung) die Verdauung eben so stört, wie die Weingährung durch Filtration gestört oder ganz zum Stillstehen gebracht wird. Ich nahm daher 1/2 Lth. Verdauungsflüssigkeit Nr. 3 und in einem andern Gläschen 4·8 Gran Verdauungsflüssigkeit Nr. 1 mit 1/2 Lth. saueren Wassers, brachte in beide ein wenig Eiweiss, doch nur so viel, dass nach der Verdauung desselben noch verdauendes Princip im Überschuss bleiben musste, und nachdem das Eiweiss durch 12stündige Digestion in beiden Gläschen ganz aufgelöst war, filtrirte ich die Flüssigkeiten und setzte ihnen dann neues Eiweiss zu. Nach 18 Stunden war in der verdünnten Verdauungsflüssigkeit Nr. 1 das Eiweiss zum Theil, aber nicht ganz aufgelöst. In der unverdünnten Verdauungsflüssigkeit Nr. 3 war es ganz aufgelöst. Filtration der in der Verdauung begriffenen Flüssigkeit stört also die Verdauung nicht, und das obige Resultat, dass das verdauende Princip bei der Verdauung des Eiweisses zersetzt wird und sich kein neues bildet, bleibt bestehen."

Ich glaube aus diesen Versuchen, die stets als eine wesentliche Stütze der gangbaren Vorstellungen über den Verdauungsprocess gegolten haben, nicht den Schluss ziehen zu dürfen, den Schwann daraus gezogen hat. Es scheint mir, dass er zu wenig Gewicht gelegt habe auf den hindernden Einfluss, den gelöste Körper und als solche auch die Verdauungsproducte auf die Verdauung ausüben. Dieser hindernde Einfluss kann durch Nachsäuern vermindert aber keineswegs aufgehoben werden. In den beschriebenen Versuchen wird aber auch dieses Nachsäuern vermisst. Das Zumischen von neuem angesäuerten Wasser kann nicht dafür gelten, da nicht nur die absolute, sondern auch die relative Säuremenge gesteigert werden muss. Der Säuregrad, der für den guten Fortgang der Verdauung verlangt wird, ist ein höherer, wenn Verdauungsproducte in der Flüssigkeit gelöst sind.

Von Julius Vogel wird ein Versuch erzählt[1]), aus dem er den Schluss zieht, dass das Pepsin durch den Verdauungsprocess nicht zerstört wird. Er löste zwei Gran des Pepsins, wie er es sich zu

[1]) Berzelius's Jahresbericht. 23. Jahrgang. (Tübingen 1844.) Seite 606.

seiner Elementaranalyse bereitet hatte, in verdünnter Salzsäure auf, und verdaute damit Fleisch, von dem eine Portion nach der andern hineingelegt wurde, sobald die vorhergehende aufgelöst war, bis die letzte dem grössten Theile nach ungelöst blieb. Dann verdünnte er die Flüssigkeit mit Wasser und fällte sie mit essigsaurem Bleioxyd. Der Niederschlag wurde gewaschen und mit Schwefelwasserstoff zersetzt, die Lösung verdunstet und dann das Pepsin daraus auf die angeführte Weise durch Alkohol ausgefällt, wodurch 1·98 Gran Pepsin wieder erhalten wurden, welches auf ähnliche Weise angewandt, sein Vermögen behalten hatte mit Salzsäure Fleisch aufzulösen.

Man kann einwenden, dass Vogel weder reines Pepsin auflöste noch reines Pepsin zurückerhielt, und somit seine Zahlen, nach denen nur ein Procent verloren gegangen sein sollte, nichts beweisen; ferner dass vielleicht die Masse der Verdauungsproducte eine weitere Auflösung hinderte, während noch nicht alles Pepsin zersetzt war, und dass dieser Rest durch Fällen mit essigsaurem Blei wieder erhalten wurde. Ich habe indessen Versuche angestellt, die mich zu demselben Schluss wie Vogel führen und die, wie ich glaube, Einwände dieser Art nicht zulassen.

Ich liess eine grössere Menge von Ochsenblutfibrin, aus dem ich vorher das Wasser grösstentheils auspresste, in verdünnter Salzsäure vom Säuregrade = 1 vollständig aufquellen und that es darauf in ein Pulverglas, indem ich noch so viel von dem angesäuerten Wasser hinzufügte, dass die Oberfläche eben wurde. Die ganze Masse betrug, wie die nachherige Messung ergab, 550 Kubikcentimeter. Ein anderes gleich grosses Pulverglas wurde bis zu derselben Höhe mit angesäuertem Wasser gefüllt und eine einzige gleichfalls vorher gequellte Fibrinflocke hineingeworfen. Darauf wurden in jedes der beiden Gläser noch zwei Kubikcentimeter Verdauungsflüssigkeit gegossen und dann umgeschüttelt: letzteres wurde später noch mehrmals wiederholt. Zur Auflösung der einen Fibrinflocke bedurfte es der Zeit von einer Stunde und zehn Minuten und in dieser Zeit hatte sich auch die ganze Fibrinmasse in dem andern Glase gelöst.

Analysiren wir diesen Versuch für unseren Zweck.

Die Verdauungszeit war eine Stunde und zehn Minuten; die zugesetzte Verdauungsflüssigkeit aber, weniger verdünnt, verdaute eine Fibrinflocke in zehn Minuten. Es ist also klar, dass in unserem Falle die Langsamkeit der Verdauung davon herrührte, dass nur

sehr wenig Pepsin in der Flüssigkeit enthalten war. Wurde dies durch die Verdauung aufgezehrt, so musste sich in dem Glase, in dem die grosse Menge Fibrin war, die Verdauung je nach der Abnahme des Pepsins verlangsamen (vergleiche die erste Hälfte dieser Beiträge Abschnitt I über Aufsuchung und Bestimmung des Pepsins) und nach völliger Vernichtung desselben stille stehen, während sie in dem andern Glase, in dem nur eine Fibrinflocke zu verdauen war, gleichmässig ihren Gang fortging; das war aber, wie wir gesehen haben, keinesweges der Fall.

Man könnte denken, es werde vielleicht verhältnissmässig wenig Pepsin zersetzt und die Folgen des Verlustes seien seiner Geringfügigkeit wegen nicht deutlich hervorgetreten. Ich stellte desshalb noch zwei ähnliche Versuche zusammen und wendete bei einem eine sehr grosse, bei dem andern eine sehr kleine Menge Pepsin an. Bei dem einen war die Verdauungszeit zehn Minuten, bei dem andern 9 Stunden; aber doch ging in beiden Fällen das in Masse zusammengehäufte Fibrin gleichen Gang mit der einzelnen Flocke.

Diese Versuche führen zu dem Resultate, dass die Verdauungszeit bei gleichem Procentgehalt der Flüssigkeiten an Pepsin unabhängig ist von der Menge des zu verdauenden Fibrins, wenn dieses vorher vollständig angequollen ist und Wasser und Säure in hinreichender Menge vorhanden sind, so dass durch den hindernden Einfluss der gebildeten Verdauungsproducte keine Verzögerung eintritt, und das Unmerklichwerden dieser Verzögerung in unserem Falle weist darauf hin, dass dieser hindernde Einfluss, den die Verdauungsproducte ausüben, sich nicht sowohl dadurch geltend macht, dass die Pepsinwirkung beeinträchtigt wird, als vielmehr dadurch, dass die Quellung weniger schnell und vollkommen von Statten geht.

Durch Kochen coagulirtes Eiweiss eignet sich zu diesen Versuchen nicht, weil es nicht in seiner ganzen Masse wie das Fibrin aufquillt, sondern der Desaggregationsprocess langsam von der Oberfläche gegen das Innere hin fortschreitet. Dagegen habe ich mit Fibrin noch einen andern Versuch angestellt, der hier erwähnt werden muss. Es ist bekannt, dass man den hindernden Einfluss der Verdauungsproducte durch Nachsäuern einigermassen beseitigen kann. Thut man dies aber mittelst Chlorwasserstoffsäure, so gelingt es nur innerhalb enger Grenzen, weil, wie bereits bekannt, die höheren Concentrationsgrade dieser Säure der Verdauung sehr ungünstig

sind und keine gehörige Quellung des Fibrins zulassen. Anders verhält es sich mit der Phosphorsäure. Ich säuerte eine verdünnte Pepsinlösung mit dreibasischer Phosphorsäure an und warf nach und nach immer mehr zwischen den Händen ausgepresstes Fibrin hinein. Eine ziemliche Menge wurde verdaut, dann aber stand die Verdauung still und das hineingeworfene Fibrin quoll nicht mehr gehörig auf. Ich säuerte nun mit Phosphorsäure nach bis das Fibrin wieder vollständig aufquoll; dann wurde es auch wieder verdaut. Es wurde neues hineingeworfen, bei mangelhaftem Aufquellen wieder nachgesäuert und so fort. So konnte ich in verhältnissmässig kurzer Zeit bei gewöhnlicher Zimmerwärme eine grosse Menge von Fibrin in demselben Wasser und mit demselben Pepsin auflösen.

Auch in blosser verdünnter Phosphorsäure zerfällt das Fibrin langsam, ähnlich wie es auch in verdünnter Chlorwasserstoffsäure zerfällt (vergl. die erste Abtheilung dieser Beiträge Absch. I), aber dieser Process geht so langsam vor sich, dass er bei obigem Versuche zu keiner Täuschung Veranlassung geben konnte.

V. Die verdauende Substanz im Urin.

Da ich mich nicht hatte überzeugen können, dass das Pepsin bei der Verdauung zersetzt wird, so musste ich mir nothwendig die Frage stellen, wo denn dasselbe hingeht, nachdem es im lebenden Körper seinen Dienst gethan hat und mit dem Speisebrei in den Dünndarm gelangt ist. Bei seiner Neigung festen Theilchen zu adhäriren war es wohl mehr als wahrscheinlich, dass es mit solchen theilweise in die Fäces übergehen werde; andererseits konnte es aber auch der Resorption unterliegen und dann in der Säftemasse zersetzt oder endlich durch die Nieren ausgeschieden werden. Diese Betrachtungen veranlassten mich zu untersuchen, ob sich Pepsin im Harn finde.

Der Weg hiezu war mir durch meine früheren Versuche bereits vorgezeichnet. Ich mischte den Harn so wie er gelassen war mit etwas verdünnter Phosphorsäure und stellte ihn an einen kühlen Ort. Nachdem ich auf diese Weise etwa ein paar Liter zusammengebracht hatte, fällte ich das ganze mit Kalkwasser, colirte durch einen vorher ausgekochten Spitzbeutel und presste ab, nachdem auch der Presstopf vorher sorgfältig ausgekocht war. Von der so erhaltenen Masse wurde der grösste Theil in verdünnter Chlorwasserstoffsäure

aufgelöst, eine Probe mit verdünnter Phosphorsäure und eine andere mit einer concentrirten Lösung von Oxalsäure zersetzt. Die sämmtlichen auf diese Weise erhaltenen Flüssigkeiten verdauten, nachdem sie so weit verdünnt und auf solchen Säuregrad gebracht waren, dass die hineingeworfenen Fibrinflocken gut aufquollen. Die Wirkung war äusserst langsam, erst nach 4, 8 ja 12 Stunden deutlich, aber nichts desto weniger wurde jedesmal die Fibrinflocke vollständig aufgelöst, während die des daneben gestellten Gegenversuches noch ganz unverändert war. Versuch und Gegenversuch wurden dabei immer so angestellt, dass ich die Flüssigkeit, nachdem sie fertig gemischt war, in zwei Reagirgläser vertheilte, wovon das eine dann bis zum Sieden der Flüssigkeit erhitzt wurde. Nach dem Abkühlen warf ich in beide Flüssigkeiten Fibrinflocken, die ungekochte diente zum Versuch, die gekochte zum Gegenversuch [1]).

Als ich eine grössere Quantität Fibrin auf diese Weise verdaute und die bei der Auflösung entstandenen Producte untersuchte, fiel es mir anfangs auf, dass ich ein sehr starkes Neutralisations-Präcipitat (vergleiche erste Abtheilung dieser Beiträge III. Über die Producte, welche Hühnereiweiss und Blutfibrin bei der Verdauung geben.) und dann beim Kochen des Filtrats nur sehr wenig coagulirbares Eiweiss erhielt; ich fand aber später, dass dies auch bei Anwendung des Pepsins der Labdrüsen der Fall war, wenn ich es so weit verdünnte, dass es nicht schneller wirkte, als dies beim vorgeschriebenen Versuche der Fall war, so dass sich dann kein Unterschied auffinden liess zwischen den Verdauungsproducten, welche mit dem verdauenden Princip der Labdrüsen und denen, welche mit dem verdauenden Principe des Urins erhalten waren.

Es wurden nun auch Versuche mit geronnenem Eiweiss, sowohl bei der Zimmertemperatur als auch im Brütofen bei 36 — 40°

---

[1]) Für diejenigen, welche meine Versuche wiederholen wollen, muss ich bemerken, dass es eine Mischung aus Wasser, Salzsäure, freier Phosphorsäure und phosphorsaurem Kalk gibt, welche das Fibrin entschieden schneller löst, als blosse verdünnte Salzsäure. Schon nach 18 Stunden findet man bei gewöhnlicher Zimmerwärme die Fibrinflocke so weit verändert, dass sie beim Umschütteln in eine Menge kleiner Flocken zerfällt. Ich habe die Zahlenverhältnisse für diese Mischung noch nicht ermittelt. In den im Text mitgetheilten Versuchen konnte ihre auflösende Eigenschaft schon desshalb nicht zu Irrthümern Veranlassung geben, weil sie nicht wie die der Pepsinlösungen durch die Siedhitze zerstört wird. Überdies wurden Versuche ganz ohne Salzsäure angestellt und solche, bei denen der Kalk vollständig mit Oxalsäure ausgefällt war.

Celsius angestellt. Das Eiweiss war theils durch Coaguliren von neutralisirtem Hühnereiweiss gewonnen, theils indem ich sehr dünne Schnitte von dem Weissen eines hart gekochten Eies machte.

In allen diesen Fällen waren die Resultate in vollem Einklange mit dem, was die mit Fibrin angestellten Proben ergeben hatten. Die Verdauung ging langsam, wie dies bei äusserst geringen Pepsinmengen stets der Fall ist, aber vollkommen regelmässig von Statten. Wenn man hier erst nach Tagen die Erfolge eintreten sah, die bei kräftigen Verdauungsflüssigkeiten kaum eben so viel Stunden auf sich warten lassen, so änderte das an der Sicherheit der Beobachtung nichts, da die Controlgläser mit den gekochten Flüssigkeiten daneben standen und sich das Eiweiss in ihnen stets noch unverändert zeigte. Das erste Zeichen der Verdauung ist, wenn man Schnitte geronnenen Eiweisses anwendet, bekanntlich das Durchscheinendwerden der Ränder; wendet man es in Flocken an, so ist das erste Zeichen ein Opalisiren der aufgerüttelten Flüssigkeit, während da, wo keine Verdauung stattfindet, auch nach starkem Umschütteln die Flocken in einer vollkommen klaren Flüssigkeit umherschwimmen. Dieses Zeichen war bei den in der Blutwärme angestellten Versuchen schon nach 6—12 Stunden deutlich, bei den in der Zimmerwärme angestellten erst am dritten Tage. Von da ab schritt die Lösung langsam aber stetig vorwärts.

Ich habe oben erwähnt, dass ich den grössten Theil des im Spitzbeutel gebliebenen Rückstandes in verdünnter Chlorwasserstoffsäure gelöst hatte. Ein Theil der so erhaltenen Flüssigkeit war bei den eben beschriebenen Versuchen verbraucht worden. Den noch übrigen grösseren versetzte ich wieder mit Kalkwasser nicht bis zur völligen Sättigung, aber doch so weit, dass sich wiederum ein ziemlich reichlicher Niederschlag von PO_5+3CaO gebildet hatte. Diesen sammelte ich auf einem Filtrum und bereitete daraus auf dieselbe Art wie früher neue Verdauungsflüssigkeiten. Sie wirkten um etwas rascher als die früheren. Es war also die verdauende Substanz durch den phosphorsauren Kalk wieder mit niedergerissen worden, ganz so wie wir dies auch bei dem Pepsin der Labdrüsen zu sehen gewohnt waren.

Ich wollte nun noch untersuchen, ob der verdauende Stoff im Urin auch in derselben Weise wie das Pepsin der Labdrüsen von Kohle aufgenommen werde. Ich schüttelte desshalb eine Portion

dieser neuen Verdauungsflüssigkeit mit Thierkohle, liess sie bis zum anderen Tage unter öfterem Umschütteln stehen und filtrirte sie dann. Das Filtrat zeigte keine Spur von verdauender Kraft.

Mit dem Urin eines zweiten Individuums wurden ganz dieselben Versuche angestellt und gaben ganz dasselbe Resultat.

Wenn man einmal weiss, dass im Urin eine verdauende Substanz erhalten ist, so kann man ihre Wirkung sogar an diesem selbst beobachten. Man werfe in eine Portion ganz frisch gelassenen und filtrirten Urins eine Fibrinflocke und füge in kleinen Portionen so lange Phosphorsäure hinzu bis die Fibrinflocke durch weiteres Hinzufügen nicht mehr stärker aufquillt. Dieses Gemisch vertheilt man, indem man die Fibrinflocke zurücklässt, in zwei Reagirgläser und erhitzt das eine bis die Flüssigkeit darin siedet. Nachdem sie erkaltet ist, wirft man in beide Gläser Fibrinflocken. Nach 3 — 6 Tagen wird man bemerken, dass sich die Fibrinflocke in der nicht gekochten Flüssigkeit auflöst, während die in der gekochten unverändert bleibt.

Eine Substanz, welche die Milch zum Gerinnen bringt, wie es das Kälberlab thut, habe ich bis jetzt nicht aus dem Urin erhalten können. Ich habe es auf verschiedene Art versucht, durch Schütteln mit Kohle, durch Schütteln mit phosphorsaurem Kalk und endlich mittelst Cholesterins in der Weise, wie ich dasselbe früher benützt hatte, um Pepsin aus seinen Lösungen aufzufangen. Ich habe mich auch zugleich durch Gegenversuche überzeugt, dass bei Anwendung der neutralen Substanz, und andere habe ich vorsichtshalber niemals angewendet, viel grössere Mengen von Lab nöthig sind, um die Anwesenheit desselben durch die Coagulation der Milch zu erkennen, als man braucht, um kleine Mengen von Fibrin und Eiweiss zu verdauen. Es liess sich dies schon nach den Versuchen erwarten, welche Schwann über die coagulirende Wirkung der von ihm bereiteten Verdauungsflüssigkeit mitgetheilt hatte [1]).

Übrigens würde auch ein positives Resultat für unseren Zweck nur von untergeordneter Bedeutung gewesen sein, da man nicht sicher weiss, ob das coagulirende Princip im Lab identisch ist mit dem verdauenden. Dieser Annahme stehen noch mehrfache Angaben

[1]) Johann Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin. Jahrg. 1836, pag. 127.

Celsius angestellt. Das Eiweiss war theils d
neutralisirtem Hühnereiweiss gewonnen, the
Schnitte von dem Weissen eines hart ge

In allen diesen Fällen waren die P
mit dem, was die mit Fibrin angestell
Verdauung ging langsam, wie di
mengen stets der Fall ist, aber v
Wenn man hier erst nach Ta
kräftigen Verdauungsflüssigk
warten lassen, so ändert
nichts, da die Controlgl
standen und sich das F
Das erste Zeichen d ... und-
Eiweisses anwend ... auende Substanz des
der; wendet mar ... welchen der anderen Drüsen,
siren der aufg ... wege ergiessen, bereitet und abge-
stattfindet, a ... n kann sie dann nicht mehr von dem, was aus
kommen k ... rbirt wurde, ableiten.
den in de
den de
ten
wä

VI. Die verdauende Substanz im Fleische.

Unter den Flüssigkeiten, die ich, um unsere Frage zu entscheiden, hätte auf Pepsin untersuchen können, wählte ich zuerst den Fleischsaft, indem mir immer die Ähnlichkeit zwischen der Auflösung des Fleisches in sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure und einem künstlichen Verdauungsprocesse aufgefallen war.

Ich presste also vier Pfund Rindfleisch zerhackt und mit etwas Wasser angerührt unter der Schraubenpresse aus, nachdem der Presstopf wohl ausgekocht worden war. Die Flüssigkeit wurde mit Phosphorsäure versetzt und dann mit Kalkwasser gefällt. Der auf dem Spitzbeutel gesammelte Niederschlag wurde in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, in einer Flasche mit der oben beschriebenen Lösung von Cholesterin in Ätheralkohol versetzt und anhaltend mit dem ausgeschiedenen Cholesterin geschüttelt. Nachdem dieses vom grössten Theil der Flüssigkeit getrennt war, wurde es wiederum in ein Pulverglas geleert, durch Schütteln mit Äther aufgelöst und durch mehrmaliges Abgiessen und Erneuern desselben endlich ganz entfernt. Die zurückbleibende wässerige Flüssigkeit nun

säure oder Phosphorsäure angesäuert schwache aber
verdauende Eigenschaften.

Verdauung war schon nach fünf bis sechs Stun-
Laufe des andern Tages lösten sich die Fibrin-
auf. Versuche und Gegenversuche wurden
ich es früher gethan hatte, als ich den

le noch einmal vier Pfund Rindfleisch
elte den Saft mit frisch gefälltem
basisch phosphorsaurem Kalk.
ilterrückstand in verdünnter
rch wiederum eine verdau-
ene Fibrinflocke löste sich noch
al. Auch mittelst durch Hitze coagulirtem
se Flüssigkeit so wie auch die vorerwähnte
ie verdauende Wirkung liess sich nicht allein bei 38°
sondern auch bei der gewöhnlichen Zimmerwärme nachweisen.
Ich befinde mich mit diesen Angaben über ein verdauendes Princip im Fleischsaft in so fern im Widerspruch mit Schwann, als derselbe vergebens nach einem solchen suchte, nachdem er sich die Frage gestellt hatte, ob das Pepsin mit dem Osmazom der damaligen Chemie identisch sei. Man muss aber wohl bedenken, dass Schwann das zerhackte Rindfleisch nur in der Kälte mit Wasser stehen liess und dann nach sechs Stunden den so erhaltenen wässerigen Auszug ansäuerte und auf seine verdauenden Eigenschaften prüfte, während ich die Mittel besass, das verdauende Princip zu concentriren und von einem grossen Theile der beigemengten Substanzen zu trennen.

entgegen, nach welchen gut verdauende Magenschleimhäute sich der Milch gegenüber vollkommen wirkungslos erwiesen.

Da die chemischen Charaktere des Pepsins vollkommen unbekannt sind, so konnte ich auch nicht auf chemischem Wege untersuchen ob die verdauende Substanz im Urin mit der des Magensaftes identisch ist. Ich suchte desshalb mich der Entscheidung dieser Frage auf einem anderen Wege etwas zu nähern. Ist das Pepsin überhaupt in der Säftemasse verbreitet; so ist es klar, dass es auch in den Urin übergehen kann, gerade so wie andere lösliche Substanzen, die auch keine Excretionsstoffe im engeren Sinne des Wortes sind, wie z. B. der Zucker, normaler Weise in kleinen Mengen in den Urin übergehen. Findet sich dagegen das Pepsin oder, wie wir vorläufig nur sagen dürfen, eine unter analogen Umständen verdauende Substanz in der Säftemasse nicht, so muss die verdauende Substanz des Urins von den Nieren oder irgend welchen der anderen Drüsen, welche ihr Secret in die Harnwege ergiessen, bereitet und abgesondert werden und man kann sie dann nicht mehr von dem, was aus dem Chymus resorbirt wurde, ableiten.

VI. Die verdauende Substanz im Fleische.

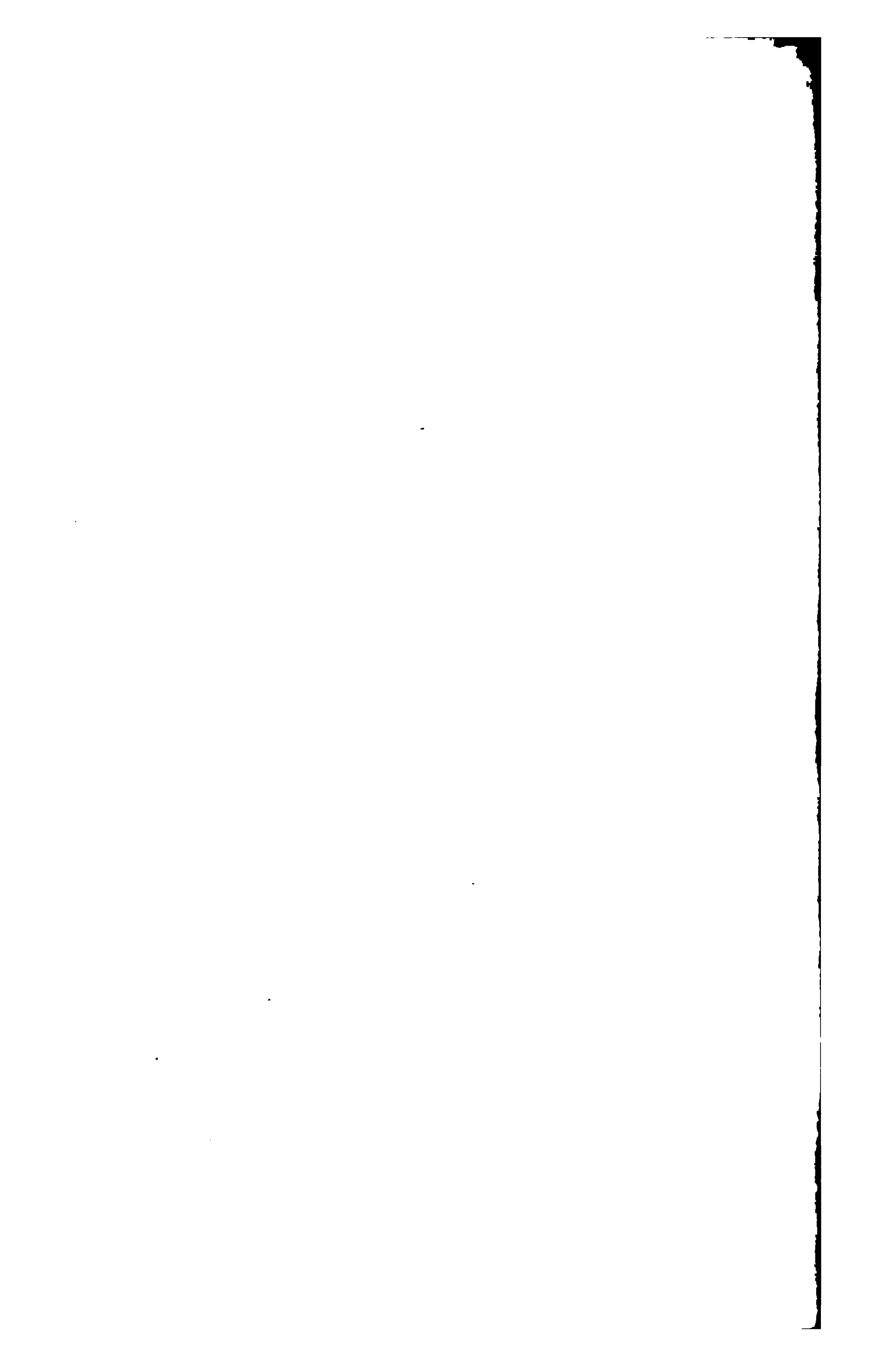
Unter den Flüssigkeiten, die ich, um unsere Frage zu entscheiden, hätte auf Pepsin untersuchen können, wählte ich zuerst den Fleischsaft, indem mir immer die Ähnlichkeit zwischen der Auflösung des Fleisches in sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure und einem künstlichen Verdauungsprocesse aufgefallen war.

Ich presste also vier Pfund Rindfleisch zerhackt und mit etwas Wasser angerührt unter der Schraubenpresse aus, nachdem der Presstopf wohl ausgekocht worden war. Die Flüssigkeit wurde mit Phosphorsäure versetzt und dann mit Kalkwasser gefällt. Der auf dem Spitzbeutel gesammelte Niederschlag wurde in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, in einer Flasche mit der oben beschriebenen Lösung von Cholesterin in Ätheralkohol versetzt und anhaltend mit dem ausgeschiedenen Cholesterin geschüttelt. Nachdem dieses vom grössten Theil der Flüssigkeit getrennt war, wurde es wiederum in ein Pulverglas geleert, durch Schütteln mit Äther aufgelöst und durch mehrmaliges Abgiessen und Erneuern desselben endlich ganz entfernt. Die zurückbleibende wässerige Flüssigkeit nun

zeigte mit Salzsäure oder Phosphorsäure angesäuert schwache aber ganz entschiedene verdauende Eigenschaften.

Die beginnende Verdauung war schon nach fünf bis sechs Stunden kenntlich und im Laufe des andern Tages lösten sich die Fibrinflocken schon vollständig auf. Versuche und Gegenversuche wurden hier ganz so angestellt, wie ich es früher gethan hatte, als ich den Urin auf Pepsin untersuchte.

Ich presste nun zur Controle noch einmal vier Pfund Rindfleisch in derselben Weise aus und schüttelte den Saft mit frisch gefälltem und ausgewaschenem noch feuchtem basisch phosphorsaurem Kalk. Darauf filtrirte ich und löste den Filterrückstand in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf. Ich erhielt dadurch wiederum eine verdauende Flüssigkeit. Eine hineingeworfene Fibrinflocke löste sich noch im Laufe desselben Tages auf. Auch mittelst durch Hitze coagulirtem Eiweiss wurde diese Flüssigkeit so wie auch die vorerwähnte geprüft und die verdauende Wirkung liess sich nicht allein bei 38° Cels. sondern auch bei der gewöhnlichen Zimmerwärme nachweisen. Ich befinde mich mit diesen Angaben über ein verdauendes Princip im Fleischsaft in so fern im Widerspruch mit Schwann, als derselbe vergebens nach einem solchen suchte, nachdem er sich die Frage gestellt hatte, ob das Pepsin mit dem Osmazom der damaligen Chemie identisch sei. Man muss aber wohl bedenken, dass Schwann das zerhackte Rindfleisch nur in der Kälte mit Wasser stehen liess und dann nach sechs Stunden den so erhaltenen wässerigen Auszug ansäuerte und auf seine verdauenden Eigenschaften prüfte, während ich die Mittel besass, das verdauende Princip zu concentriren und von einem grossen Theile der beigemengten Substanzen zu trennen.



Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden Ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.



SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND. V. HEFT.

Jahrgang 1861. — Mai.

(Mit 2 Tafeln.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1861.



INHALT.

Seite

SITZUNGSBERICHTE

DER

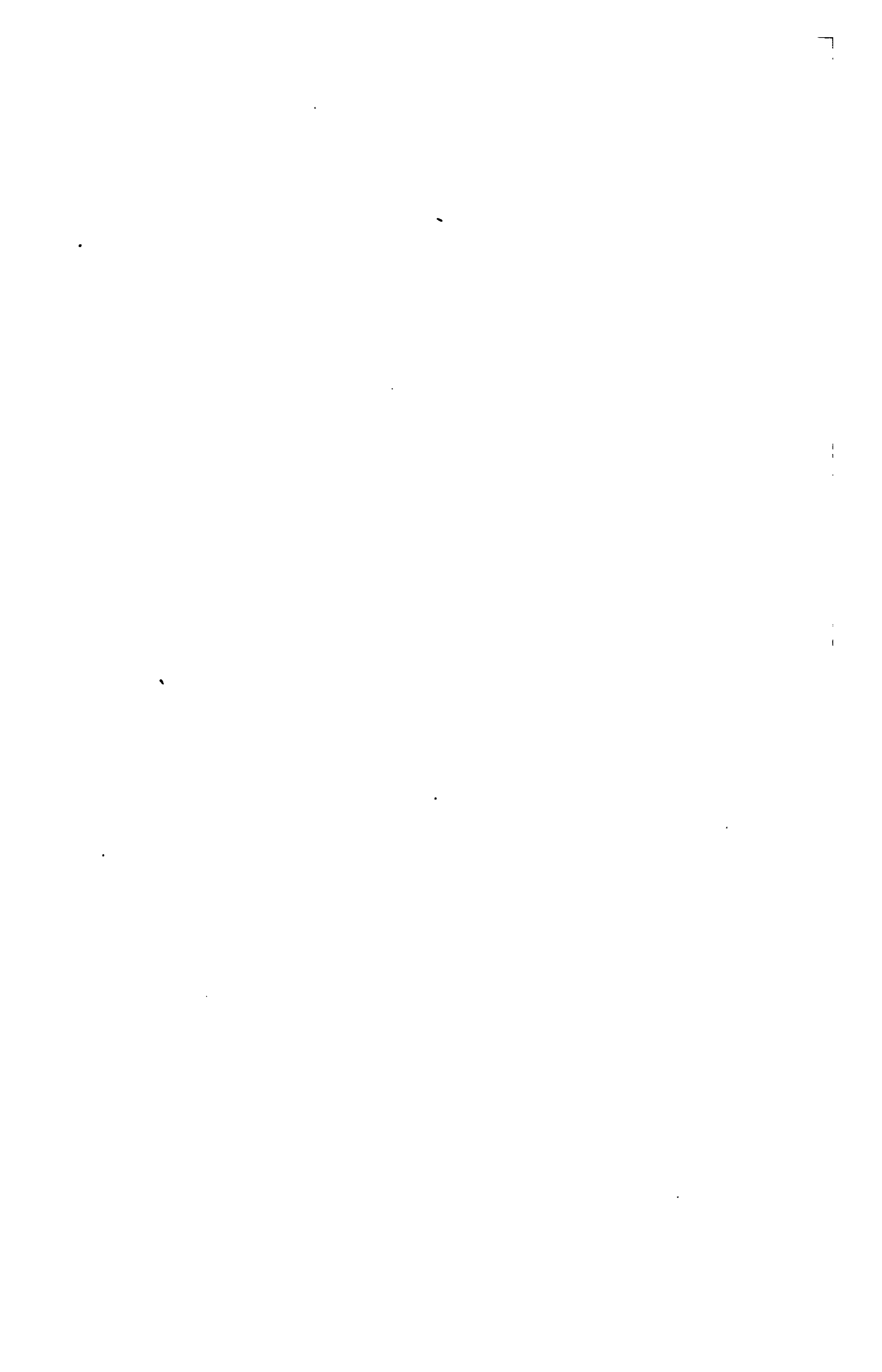
KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLIII. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.



XIII. SITZUNG VOM 10. MAI 1861.

Herr Dr. J. T. Koziel übersendet eine Abhandlung: „Die Physiologie des Blutkreislaufs, ein Beitrag zum Verständniss des organischen Lebens aus physikalischen Gesetzen".

Herr Prof. Redtenbacher macht im Namen der Herren Kirchhoff und Bunsen eine Mittheilung „Über zwei neue durch die Spectralanalyse aufgefundene Alkalimetalle, das *Caesium* und *Rubidium*".

Herr Dr. A. Rollett, Assistent am physiologischen Institute der Wiener Universität, überreicht eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn Dr. O. Becker durchgeführte Arbeit: „Beiträge zur Lehre vom Sehen der dritten Dimension".

Herr Dr. A. Bauer legt „Kleine chemische Mittheilungen" vor.

An Druckschriften sind eingegangen:

Akademie der Wissenschaften, königl. preuss., zu Berlin, Register für die Monatsberichte vom Jahre 1836 — 1858. Berlin, 1860; 8°. — Übersicht der Witterung im nördlichen Deutschland nach den Beobachtungen des meteorologischen Institutes zu Berlin. Jahrgang 1859 und 1860, 4°. — Das Klima des preuss. Staates und des angrenzenden Norddeutschlands. Von H. W. Dove. (Zeitschrift des königl. preuss. statistischen Bureaus. Nr. 6. März, 1861.) 4°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1305—1308. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, XVII. und XVIII. Heft. Wien, 1861; 8°.

Bauer, A., Sur l'oxyde d'Amyléne. (Ann. d. Chim. et d. Phys. 3ᵉ série, t. LV.) Paris; 8°.

Comos, Xᵉ Année, 18ᵉ Volume, 17ᵉ et 18ᵉ Livraison. Paris, 1861; 8°.

Freiburg i. Br., Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 18⁶⁰/₆₁. Berlin, Freiburg, München und Stuttgart, 1860 und 1861; 4⁰ und 8⁰.

Gazette médicale d'Orient, V[e] Année, Nr. 1. Constantinople, 1861; 4⁰.

Gesellschaft, Wetterauer, für die gesammte Naturkunde zu Hanau. Jahresbericht über die Gesellschaftsjahre von August 1858 bis dahin 1859 und von August 1859 bis dahin 1860. Hanau, 1861; 8⁰.

Istituto, R., Lombardo di scienze, lettere ed arti, Atti. Vol. II, Fasc. VII, VIII e IX. Milano, 1861; 4⁰.

— I. R. Veneto de scienze, lettere ed arti. Atti. Tomo VI⁰, serie 3ª, disp. 5ª. Venezia, 1860—61; 8⁰.

Jahrbuch, Neues für Pharmacie und verwandte Fächer. Herausgegeben von G. F. Walz und F. L. Winckler. Heidelberg, 1861; 8⁰.

Hoek, Recherches astronomiques de l'Observatoire d'Utrecht. 1[re] livraison. De l'influence des mouvements de la terre sur les phénomênes fondamentaux de l'optique dont se sert l'astronomie. La Haye, 1861; 4⁰.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 13. Wien, 1861; kl. 4⁰.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1861. IV. Heft. Gotha, 1861; 4⁰.

— des k. k. Genie-Comité, Jahrgang 1861, VI. Band, 2. Heft. Wien, 1861; 8⁰.

Pétition adressée au Sénat sur l'affaire de M. Libri avec une note à l'appui. Paris, 1861; 8⁰.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou, Bulletin. Année 1860, Nr. IV. Avec 3 planches. Moscou, 1860; 8⁰.

Wiener medizinische Wochenschrift. XI. Jahrgang, Nr. 16 und 17. Wien, 1861; 4⁰.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. X. Jahrgang, Nr. 14. Gratz, 1861; 4⁰.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Dr. E. Erlenmayer und Dr. G. Lewinstein. IV. Jahrgang, 1861, Heft 6 und 7. Erlangen, 1861; 8⁰.

— für Photographie und Stereoskopie. Herausgegeben und redigirt von Dr. K. J. Kreuzer. II. Jahrgang, Nr. 8. Wien, 1861; 8⁰.

— des österr. Ingenieur-Vereines, XIII. Jahrgang, 2. und 3. Heft. Wien, 1861; 4⁰.

Über die Gesetze der Doppelbrechung.

Von **Dr. Victor v. Lang.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 31. Jänner 1861.)

1. Die Gesetze der Doppelbrechung wurden von den Physikern und Geometern schon vielseitig untersucht und die Kenntniss derselben weit ausgedehnt. Ich habe es im Folgenden versucht, die verschiedenen der gewonnenen Resultate und einige neue auf eine möglichst einfache und consequente Weise abzuleiten, indem ich mein Hauptaugenmerk auf die Gleichungen richtete, welche die bei der Doppelbrechung in Betracht kommenden Grössen analytisch untereinander verknüpften. Es sind dies jene Gleichungen, welche eine besondere Wichtigkeit dann erlangen, wenn die Aufgabe gestellt ist, die optischen Elemente eines Krystalles aus einzelnen durch Messung gefundenen Grössen zu bestimmen, oder wenn es sich um die Berechnung anderer Phänomene handelt, die in der Doppelbrechung ihren Grund haben, wie z. B. die Farben und Curven von Krystallplatten im polarisirten Lichte.

Es wird sich aber zeigen, dass auch die geometrischen Beziehungen sich auf diesem Wege sehr einfach ergeben.

2. Die Grundlagen unserer Kenntnisse über die Gesetze der Doppelbrechung rühren bekanntlich von Fresnel her; derselbe lehrte zuerst die Geschwindigkeit einer Wellenebene in einem doppeltbrechenden Medium durch die Hauptaxen des Schnittes derselben mit der von ihm abgeleiteten Elasticitätsfläche finden. Ich habe indessen der Symmetrie wegen vorgezogen, von dem Polarisations-Ellipsoide auszugehen, welches zuerst von Plücker in Betracht gezogen wurde, obwohl der Name desselben von Cauchy herrührt. Hinsichtlich der Schwingungsebene des Lichtes habe ich mich an die Fresnel'sche Hypothese gehalten, der zufolge die Schwingungen senkrecht zur Polarisationsebene geschehen.

3. Literatur.

A. Fresnel, Mémoire sur la double Refraction. Mém. de l'ac. des sciences. VII. (1827), p. 45.

Ampère, Mémoire sur la Détermination de la surface courbe des ondes lumineuses dans un milieu dont l'élasticité est différente suivant le trois directions principales, c'est-à-dire celles où la force produite par l'élasticité a lieu dans la direction même du déplacement des molécules de ce milieu. Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. (1828), p. 113.

J. Mac Cullagh, On the double Refraction of Light in a crystallized Medium according to the Principle of Fresnel. Tr. of the R. Irish etc. XVI. (1830), part II, pag. 65.

A. Smith, Investigation of the Equation to Fresnel's Wave Survace. Tr. of the Cambridge ph. Soc. VI, part I (1836). — Im Auszuge. Phil. Mag. 35. XII. (1838), pag. 335.

W. R. Hamilton, Third Supplement to on Essay on the Theorie of Systems of Rays. Tr. of the R. Irish. Ac. XVII (1837), part I, p. 145.

J. M'Cullagh, Geometrical Propositions applied to the Wave Theorie of Light. ib. part II, p. 241.

J. J. Sylvester, Analytical Development of Fresnel's Optical Theorie of Crystals. Phyl. Mag. 35. XI. (1837), p. 461, 537. — XII. (1838), p. 341, 73.

Plücker, Discussion de la forme générale des ondes lumineuses. A. L. Crelle's Journal XIX. (1839), p. 1. — Note ou mémoire Nr. 1, ib. pag. 91.

A. Cauchy, Mémoire sur la polarisation rectiligne et la double Refraction. Mém. de l'ac. des sc. XVIII. (1843), p. 361.

Lamé, Leçons sur la Théorie mathématique de l'élasticité des corps solides. Paris, 1852.

Beer, Einleitung in die höhere Optik. Braunschweig. 1853.

§. 1.

Für jeden doppeltbrechenden Krystall lassen sich drei auf einander senkrechte Richtungen OX, OY, OZ und drei Constante $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ finden, so dass wenn man über diesen Richtungen als Axen das Ellipsoid:

$$\mathfrak{a}^2 x^2 + \mathfrak{b}^2 y^2 + \mathfrak{c}^2 z^2 = 1 \tag{1}$$

construirt, für dasselbe der Satz gilt:

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Welle, d. h. die Geschwindigkeit derselben in der Richtung der Wellennormale ist gleich der reciproken Länge einer der Hauptaxen des Schnittes, welcher das Ellipsoid (1) mit einer zur Wellenebene parallelen Diametralebene macht; die zu dieser Welle gehörige Schwingungsrichtung aber ist parallel der entsprechenden Hauptaxe.

Man nennt die drei Richtungen OX, OY, OZ, welche wir zu Coordinaten-Axen wählen wollen, die optischen Elasticitätsaxen, $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ aber die Grössen derselben, welche wir so geordnet denken wollen, dass immer $\mathfrak{a} > \mathfrak{b} > \mathfrak{c}$ ist. Der Grund dieser Benennungen ergibt sich aus den im Anfange des §. 6 gemachten Bemerkungen. Das Ellipsoid (1) führt den Namen Polarisations-Ellipsoid und wir wollen nun mit Hilfe des für dasselbe geltenden Satzes, für eine beliebige Richtung der Wellennormale die zugehörige Geschwindigkeit und Schwingungsrichtung analytisch ausdrücken.

Sind u, v, w die Cosinusse der Winkel, welche die Wellennormale OQ mit den Coordinaten-Axen einschliesst, so wird die Gleichung der zur Wellenebene parallelen Diametralebene

$$ux + vy + wz = 0 \tag{2}$$

wobei

$$u^2 + v^2 + w^2 = 1 \tag{3}$$

Bezeichnet man ferner mit $\frac{1}{\mathfrak{q}}$ die Grösse des Radius OR des Ellipsoides, mit h, k, l die Cosinusse der Winkel, welche dieser Radius mit den Axen einschliesst, so ist

$$x = \frac{h}{\mathfrak{q}} \quad y = \frac{k}{\mathfrak{q}} \quad z = \frac{l}{\mathfrak{q}}$$

daher hat man

$$\mathfrak{a}^2 h^2 + \mathfrak{b}^2 k^2 + \mathfrak{c}^2 l^2 = \mathfrak{q}^2 \tag{4}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 1 \tag{5}$$

und wenn dieser Radius auch in der Ebene (2) liegen soll

$$hu + kv + lw = 0 \tag{6}$$

Der Schnitt von (1) und (2) ist bekanntlich eine Ellipse. Damit der durch die Gleichungen (4) und (6) bestimmte Radius derselben eine Hauptaxe werde, muss $\frac{1}{\mathfrak{q}}$ als Function von h, k, l betrachtet ein Maximum oder Minimum werden; dieses findet aber gerade dann Statt, wenn $\mathfrak{q}^2$ ein Maximum oder ein Minimum ist. Zufolge der Gleichungen (5) und (6) sind h, k, l als abhängig blos von einer Variabeln zu betrachten. Setzt man nun den Differential-Quotient von $\mathfrak{q}^2$ nach dieser Variabeln gleich Null und differencirt ausserdem noch die Gleichungen (5) und (6) darnach: so hat man zur Bestimmung derjenigen Werthe h, k, l, für welche $\mathfrak{q}^2$ und

folglich auch $\frac{1}{\mathfrak{q}}$ ein Maximum oder Minimum wird, folgende Gleichnugen:

$$\begin{aligned} \mathfrak{a}^2 h\, dh + \mathfrak{b}^2 k\, dk + \mathfrak{c}^2 l\, dl &= 0 \\ h\, dh + b\, dk + l\, dl &= 0 \\ u\, dh + v\, dk + w\, dl &= 0 \end{aligned}$$

Um hieraus dh, dk, dl zu eliminiren, multiplicire man die vorletzte Gleichung mit $-E$, die letzte mit $-F$ und addire alle drei Gleichungen: setzt man alsdann zwei der Coëfficienten von dh, dk, dl gleich Null, da E und F noch willkürlich sind, so muss auch der dritte gleich Null sein, und man hat:

$$\begin{aligned} (\mathfrak{a}^2 - E)\, h &= Fu \\ (\mathfrak{b}^2 - E)\, k &= Fv \\ (\mathfrak{c}^2 - E)\, l &= Fw \end{aligned}$$

Diese Gleichungen geben der Reihe nach mit h, k, l multiplicirt und addirt, zufolge der Gleichungen (5), (6) und (4)

$$E = \mathfrak{q}^2$$

und lassen sich daher auch so schreiben:

$$\left.\begin{aligned} (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2)\, h &= Fu \\ (\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2)\, k &= Fv \\ (\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2)\, l &= Fw \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

in welcher Form wir von ihnen vielfache Anwendung machen werden.

Zuvörderst kann man aus ihnen mit Hilfe der Gleichungen (5) und (6) die fünf Grössen $\mathfrak{q}$, F, h, k, l durch die übrigen auf folgende Weise ausdrücken. Setzt man die Werthe der Grössen h, k, l, wie sie sich aus den Gleichungen (7) ergeben, zuerst in die Gleichung (6), so erhält man

$$\frac{u^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2} + \frac{v^2}{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2} + \frac{w^2}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2} = 0 \qquad (8)$$

welche Gleichung den Werth von $\mathfrak{q}$ als Function von u, v, w gibt; nach dem im Anfange dieses Paragraphes angeführten Satze stellt aber $\mathfrak{q}$ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle in der durch u, v, w gegebenen Richtung dar. Da die Gleichung (8) nach $\mathfrak{q}^2$ vom zweiten Grade ist, so folgt hieraus, wenn man von den eben so grossen negativen Wurzeln absieht, dass im Allgemeinen sich nach jeder Richtung zwei Wellen fortpflanzen; eine schnellere, welcher

die grössere Wurzel $\mathfrak{q}_1$, der Gleichung (8) entspricht, und eine langsamere, deren Geschwindigkeit durch die kleinere Wurzel $\mathfrak{q}_2$ gegeben ist. Entsprechend wollen wir auch im Folgenden alle Grössen, je nachdem sie sich auf die schnellere oder langsamere Welle beziehen, mit dem Index 1 oder 2 versehen; auch soll, wenn wir von einer schnelleren und einer langsameren Welle sprechen, immer vorausgesetzt werden, dass ihre Normalen zusammenfallen.

Setzt man aber die früheren Werthe von h, k, l in die Gleichung (5), so findet man

$$\frac{1}{F^2} = \frac{u^2}{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2)^2} + \frac{v^2}{(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2)^2} + \frac{w^2}{(\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2)^2} \quad (9)$$

Mit Hilfe dieser Gleichung und der Gleichung (8) ist es nun möglich, auch die Grössen h, k, l aus den Gleichungen (7) zu finden, falls u, v, w gegeben sind. h, k, l sind aber die Cosinusse der Winkel, welche von der zu der Wellengeschwindigkeit $\mathfrak{q}$ gehörigen Schwingungsrichtung mit den Coordinatenaxen gebildet werden. Man nennt die durch Wellennormale und Schwingungsrichtung gehende Ebene die Schwingungsebene.

§. 2.

Trägt man auf der Wellennormale vom Coordinaten-Mittelpunkte aus die zugehörige Geschwindigkeit der Welle, wie man sie aus der Gleichung (8) erhält, auf und macht dasselbe für jede mögliche Richtung der Wellennormale, so geben die Endpunkte dieser Linien eine Oberfläche, welche von Hamilton[1]), der sie zuerst betrachtete, *surface of wave slowness*, Oberfläche der Wellengeschwindigkeit genannt wurde. Ihre Gleichung ist leicht gefunden; bezeichnen x, y, z die Coordinaten eines Punktes derselben, so muss

$$x = \mathfrak{q}u \qquad y = \mathfrak{q}v \qquad z = \mathfrak{q}w$$
$$x^2 + y^2 + z^2 = \mathfrak{q}^2$$

sein. Multiplicirt man nun die Gleichung (8) mit $\mathfrak{q}^2$, so wird sie zufolge dieser Gleichungen:

$$\frac{x^2}{\mathfrak{a}^2 - (x^2 + y^2 + z^2)} + \frac{y^2}{\mathfrak{b}^2 - (x^2 + y^2 + z^2)} + \frac{z^2}{\mathfrak{c}^2 - (x^2 + y^2 + z^2)} = 0 \quad (10)$$

welches offenbar die Gleichung der gesuchten Oberfläche ist.

---

[1]) Siehe Lloyd, Report on the progress and present state of phisical optics. London, 1835.

§. 3.

Addirt man die Gleichungen (7), nachdem man dieselben beziehungsweise mit u, v, w multiplicirt hat, so erhält man zufolge der Gleichungen (3) und (6) den Werth von F gegeben durch die Gleichung

$$F = \mathfrak{a}^2 hu + \mathfrak{b}^2 kv + \mathfrak{c}^2 lw \tag{11}$$

der zufolge die Gleichungen (7) sich auch in folgender Form schreiben lassen:

$$\left.\begin{array}{l} (\mathfrak{a}^2 u^2 - \mathfrak{a}^2 + \mathfrak{q}^2)\, h + \mathfrak{b}^2 uvk + \mathfrak{c}^2 uwl = 0 \\ \mathfrak{a}^2 vuh + (\mathfrak{b}^2 v^2 - \mathfrak{b}^2 + \mathfrak{q}^2)\, k + \mathfrak{c}^2 vwl = 0 \\ \mathfrak{a}^2 wuh + \mathfrak{b}^2 wvk + (\mathfrak{c}^2 w^2 - \mathfrak{c}^2 + \mathfrak{q}^2)\, l = 0 \end{array}\right\} \tag{12}$$

Diese Gleichungen lehren, falls man auf sie durch theoretische Betrachtungen über die Doppelbrechung des Lichtes geführt wird, dass für dieselbe der im §. 1 aufgestellte Satz gilt, und dass daher nach dieser Theorie die Schwingungen senkrecht zur Polarisationsebene stattfinden.

Setzt man die Werthe der Grössen h, k, l, wie man sie aus den Gleichungen (7) erhält, in die Gleichung (11), so wird dieselbe

$$\frac{\mathfrak{a}^2 u^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2} + \frac{\mathfrak{b}^2 v^2}{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2} + \frac{\mathfrak{c}^2 w^2}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2} = 1 \tag{13}$$

welche Gleichung ebenfalls $\mathfrak{q}^2$ blos als Function von u, v, w gibt und zwar gibt sie scheinbar drei Werthe, da sie für $\mathfrak{q}^2$ vom dritten Grade ist. Allein sie lässt sich direct auf Gleichung (8) reduciren, wenn man von ihr die Gleichung (3) subtrahirt und die Coëfficienten von u, v, w auf ihre einfachste Form bringt.

Es ist klar, dass mit Hilfe der Gleichung (13) auch die Oberfläche der Wellengeschwindigkeit sich hätte in einer Form darstellen lassen, wo sie scheinbar von höherem Grade ist.

§. 4.

Lässt man die Gleichungen (7) für die schnellere Welle gelten, denkt sich also $\mathfrak{q}\ F\ h\ k\ l$ ersetzt durch $\mathfrak{q}_1\ F_1\ h_1\ k_1\ l_1$ und multiplicirt sie alsdann respective mit $h_2\ k_2\ l_2$, so erhält man durch die Addition derselben zufolge Gleichung (6) die erste der folgenden Gleichungen:

$$\begin{array}{c} (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}_1^2)\, h_1 h_2 + (\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}_1^2)\, k_1 k_2 + (\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}_1^2)\, l_1 l_2 \\ = F_1\, (h_2 u + k_2 v + l_2 w) = 0 \\ (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}_2^2)\, h_1 h_2 + (\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}_2^2)\, k_1 k_2 + (\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}_2^2)\, l_1 l_2 \\ = F_2\, (h_1 u + k_1 v + l_1 w) = 0 \end{array}$$

indem die zweite Gleichung sich auf ähnliche Weise ergibt. Subtrahirt man diese beiden Gleichungen und dividirt durch $q_1^2 - q_2^2$, so findet man

$$h_1 h_2 + k_1 k_2 + l_1 l_2 = 0 \tag{14}$$

welche Gleichung besagt, dass die Schwingungsrichtungen zweier Wellen, welche sich nach einer und derselben Richtung fortpflanzen, auf einander senkrecht stehen. Da die Schwingungsrichtung und die Wellennormale ebenfalls mit einander einen rechten Winkel bilden, so ersieht man hieraus, dass auch die Schwingungsebenen zweier solcher Wellen zu einander senkrecht sind, und dass die Schwingungsrichtung der schnelleren Welle die Normale auf die Schwingungsebene der langsameren Welle ist und umgekehrt. Nennt man nun die Cosinusse der Winkel, welche die Normale zur Schwingungsebene mit den Coordinaten-Axen einschliesst q, r, s, so ist ersichtlich

$$\left.\begin{array}{lll} q_1 = h_2 & r_1 = k_2 & s_1 = l_2 \\ q_2 = h_1 & r_2 = k_1 & s_2 = l_1 \end{array}\right\} \tag{15}$$

Da der Neigungswinkel zweier Ebenen gleich ist dem Winkel ihrer Normalen, so bedeuten q, r, s auch die Cosinusse der Winkel, welche die Schwingungsebene mit den Coordinaten-Ebenen bildet.

Ausser den eingeführten Coordinaten-Axen haben wir also noch ein zweites System von Richtungen, welche unter einander rechte Winkel bilden. Es ist dies die Wellennormale mit ihren beiden zugehörigen Schwingungsrichtungen. Zwischen den Cosinussen der Winkel, welche die Richtungen zweier solcher Systeme mit einander machen, bestehen unter anderen auch folgende Relationen, welche zufolge der eingeführten Bezeichnung geben

$$\left.\begin{array}{lll} k_1 l_2 - k_2 l_1 = u & k_2 w - l_2 v = h_1 & l_1 v - k_1 w = h_2 \\ l_1 h_2 - l_2 h_1 = v & l_2 u - h_2 w = k_1 & h_1 w - l_1 u = k_2 \\ h_1 k_2 - h_2 k_1 = w & h_2 v - k_2 u = l_1 & k_1 u - h_1 v = l_2 \end{array}\right\} \tag{16}$$

In diesen Gleichungen sollten eigentlich die rechten Theile das Zeichen $\pm$ haben, und es muss, falls man alle Winkel nur von 0—180° zählt, das obere oder untere Zeichen gewählt werden, je nachdem die linken Theile positiv oder negativ werden; wir wollen hier aber blos das positive Zeichen nehmen, da es für das Nachfolgende gleichgiltig ist, mit welchem Zeichen wir die rechten Theile versehen.

Die sechs letzten dieser Gleichungen lassen sich aber, je nachdem man in ihren rechten oder linken Theilen die Substitutionen (15) vornimmt, mit der Hinweglassung der Indices auch so schreiben, vorausgesetzt, dass das Zeichen der rechten Theile immer richtig bestimmt wird.

$$\left.\begin{array}{ll} kw - lv = q & rw - sv = h \\ lu - hw = r & su - qw = k \\ hv - ku = s & qv - ru = l \end{array}\right\} \quad (17)$$

Von der Richtigkeit dieser Gleichungen kann man sich leicht auch mit Hilfe sphärischer Trigonometrie überzeugen.

§. 5.

Multiplicirt man die vorletzte der Gleichungen (7) mit w, die letzte mit v, und subtrahirt, so findet man

$$\mathfrak{b}^2 kw - \mathfrak{c}^2 lv + \mathfrak{q}^2 (lv - kw) = 0,$$

was zufolge der Gleichungen (17) die erste der nachfolgenden Gleichungen gibt, die sich alle auf dieselbe Weise ableiten lassen.

$$\left.\begin{array}{l} \mathfrak{q}^2 q = -\mathfrak{b}^2 (su - qw)\, w + \mathfrak{c}^2 (qv - ru)\, v \\ \mathfrak{q}^2 r = -\mathfrak{c}^2 (qv - ru)\, u + \mathfrak{a}^2 (rw - sv)\, w \\ \mathfrak{q}^2 s = -\mathfrak{a}^2 (rw - sv)\, v + \mathfrak{b}^2 (su - qw)\, u \end{array}\right\} \quad (18)$$

Verschiedene Theorien des Lichtes führen auf Gleichungen von dieser Form, nur dass alsdann q, r, s die Cosinusse der Winkel sind, welche die zur Wellengeschwindigkeit $\mathfrak{q}$ gehörige Schwingungsrichtung mit den Coordinatenaxen bildet. Es ist also bei einer solchen Theorie, wie die Gleichungen (15) lehren, nur die physikalische Bedeutung der Buchstaben q, r, s und h, k, l vertauscht und der Satz des §. 1 ist in diesem Falle so umzugestalten:

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Wellenebene ist gleich dem reciproken Werthe einer der Hauptaxen des Schnittes der Wellenebene mit dem Polarisations-Ellipsoide, die zugehörige Schwingungsrichtung ist aber parallel der andern Hauptaxe.

Die Schwingungen geschehen also zufolge einer solchen Theorie in der Polarisationsebene.

§. 6.

Bei Fresnel stellen $\mathfrak{a}_2\mathfrak{p}$, $\mathfrak{b}_2\mathfrak{p}$, $\mathfrak{c}_2\mathfrak{p}$ die Kräfte vor, welche vermöge der Elasticität des Mediums geweckt werden, wenn das Theilchen O nach der Richtung einer der drei Elasticitätsaxen ausschlägt. Ist aber die Schwingungsrichtung eine beliebige und gegeben durch

die Cosinusse h, k, l der Winkel, welche sie mit den Elasticitätsaxen macht, so ist nach Fresnel die durch die Elongation ζ hervorgebrachte Repulsivkraft in Grösse und Richtung die Resultante der nach den drei Axen wirkenden Kräfte $\mathfrak{a}^2 h\mathfrak{p}$, $\mathfrak{b}^2 k\mathfrak{p}$, $\mathfrak{c}^2 l\mathfrak{p}$, welche geweckt würden, wenn die Elongation des Theilchens O blos nach einer der drei Axen um ihre Projection auf dieselbe stattgefunden hätte. Die Resultante aus diesen Kräften ist aber, falls wir $\mathfrak{p}=1$ setzen, $=\sqrt{\mathfrak{a}^4 h^2+\mathfrak{b}^4 k^2+\mathfrak{c}^4 l^2}$ und die Cosinusse e, f, g der Winkel welche ihre Richtung mit den Coordinaten-Axen einschliesst, verhalten sich wie $\mathfrak{a}^2 h : \mathfrak{b}^2 k : \mathfrak{c}^2 l$.

Quadrirt und addirt man aber die Gleichungen (7), so erhält man zufolge der Gleichung (4) [1]

$$\mathfrak{a}^4 h^2 + \mathfrak{b}^4 k^2 + \mathfrak{c}^4 l^2 = F^2 + \mathfrak{q}^4 \tag{19}$$

und daher

$$\left. \begin{array}{c} e = \dfrac{\mathfrak{a}^2 h}{\sqrt{F^2+\mathfrak{q}^4}} \quad f = \dfrac{\mathfrak{b}^2 k}{\sqrt{F^2+\mathfrak{q}^4}} \quad g = \dfrac{\mathfrak{c}^2 l}{\sqrt{F^2+\mathfrak{q}^4}} \\ e^2 + f^2 + g^2 = 1. \end{array} \right\} \tag{20}$$

Wir wollen die durch die Cosinusse e, f, g gegebene Richtung OT mit dem Namen Ergänzungslinie bezeichnen und sogleich auch die geometrische Bedeutung derselben nachweisen.

Ist $f(x\,y\,z) = o$ die Gleichung einer Oberfläche, so verhalten sich die Cosinusse der Winkel, welche die Normale auf diese Oberfläche im Punkte (xyz) mit den Coordinaten-Axen bildet, so wie

$$\frac{df}{dx} : \frac{df}{dy} : \frac{df}{dz}.$$

Wenden wir dies auf das Polarisations-Ellipsoid an, so haben wir

$$\frac{df}{dx} = 2\mathfrak{a}^2 x \quad \frac{df}{dy}\, 2\,\mathfrak{b}^2 y \quad \frac{df}{dz} = 2\mathfrak{c}^2 z$$

und das vorhergehende Verhältniss wird

$$\mathfrak{a}^2 x : \mathfrak{b}^2 y : \mathfrak{c}^2 z.$$

Nimmt man nun für den Punkt (xyz) denjenigen, in welchem eine der Hauptaxen des Schnittes der Wellenebene mit dem Polarisations-Ellipsoid, d. h. eine der Schwingungsrichtungen das Ellipsoid trifft, so hat man nach der angenommenen Bezeichnung

$$x = \frac{h}{\mathfrak{q}} \quad y = \frac{k}{\mathfrak{q}} \quad z = \frac{l}{\mathfrak{q}}$$

[1] Diese Gleichung selbst erhält man aus den Gleichungen (3) und (7), wenn man die letzteren mit h, k, l multiplicirt und addirt.

und das Verhältniss der Cosinusse der Winkel, welche die Normale in diesem Punkte mit den Coordinaten-Axen macht, wird

$$\mathfrak{a}^2 h : \mathfrak{b}^2 k : \mathfrak{c}^2 l.$$

Die Vergleichung dieses Verhältnisses mit der Gleichung (20) lehrt aber, dass die Ergänzungslinie parallel sein muss zu der im Endpunkte der Hauptaxe des Schnittes von (1) und (2) an das Ellipsoid (1) errichteten Normale.

Multiplicirt man die Gleichungen (7) für $\mathfrak{q}_1$ mit h_2, k_2, l_2, so erhält man durch die Addition derselben zufolge der Gleichungen (6) und (14)

$$\mathfrak{a}^2 h_1 h_2 + \mathfrak{b}^2 k_1 k_2 + \mathfrak{c}^2 l_1 l_2 = 0 \tag{21}$$

Indem man diese Gleichung durch $\sqrt{F_1^2 + \mathfrak{q}_1^4}$ oder $\sqrt{F_2^2 + \mathfrak{q}_2^4}$ dividirt, kann man sie auch so schreiben

$$\left.\begin{aligned} e_1 h_2 + f_1 k_2 + g_1 l_2 = 0 \\ e_2 h_1 + f_2 k_1 + g_2 l_1 = 0 \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

welche Gleichungen besagen, dass die Ergänzungslinie der schnelleren Welle senkrecht steht auf der Schwingungsrichtung der langsameren und umgekehrt. Man kann dieses Resultat auch so aussprechen: Die Ergänzungslinie liegt in der zugehörigen Schwingungsebene. Dieser Satz wurde übrigens schon von Sylvester bewiesen, nur gab derselbe nicht die geometrische Bedeutung dieser Linie.

Dividirt man die Gleichung (4) durch $\sqrt{F^2 + \mathfrak{q}^4}$, so gibt sie zufolge der Gleichungen (20)

$$eh + fk + gl = \frac{\mathfrak{q}^2}{\sqrt{F^2 + \mathfrak{q}^4}}$$

Der linke Theil dieser Gleichung ist aber nichts anderes als der Cosinus des Winkels, welchen die Schwingungsrichtung mit der zugehörigen Ergänzungslinie macht; nennt man diesen Winkel θ, so hat man

$$\cos\theta = \frac{\mathfrak{q}^2}{\sqrt{F^2 + \mathfrak{q}^4}} \tag{23}$$

woraus sich leicht ergibt

$$F = \mathfrak{q}^2 \tan\theta \tag{24}$$

Errichtet man daher auf der Schwingungsrichtung in der Entfernung $\mathfrak{q}$ vom Mittelpunkte ein Perpendikel und verlängert es bis es die zugehörige Ergänzungslinie trifft, so erhält man ein recht-

winkliges Dreieck, dessen eine Kathete gleich $\mathfrak{q}$ und dessen andere zufolge der letzten Gleichung gleich $\frac{F}{\mathfrak{q}}$ ist. Die Hypothenuse, welche durch die Ergänzungslinie gebildet wird, ist dann gleich $\frac{1}{\mathfrak{q}}\sqrt{F^2+\mathfrak{q}^4}$ und F ist der doppelte Flächeninhalt dieses Dreieckes.

§. 7.

Wir wollen nun die Aufgabe lösen, falls die Geschwindigkeiten zweier Wellen gegeben sind, welche sich nach derselben Richtung fortpflanzen, diese Richtung, so wie die zugehörigen Schwingungsrichtungen zu finden. Es gelingt dies leicht nach folgender von O. Hesse anderswo angewandten Methode.

Schafft man in Gleichung (8) die Brüche fort, so wird dieselbe

$$\left.\begin{aligned} H &= u^2(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}^2)+v^2(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}^2)\\ &\qquad + w^2(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}^2)\\ &= \mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2u^2+\mathfrak{c}^2\mathfrak{a}^2v^2+\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2w^2-\{(\mathfrak{b}^2+\mathfrak{c}^2)u^2\\ &\qquad +(\mathfrak{c}^2+\mathfrak{a}^2)v^2+(\mathfrak{a}^2+\mathfrak{b}^2)w^2\}\mathfrak{q}^2+\mathfrak{q}^4 \end{aligned}\right\}\quad(25)$$

Da der Coëfficient von $\mathfrak{q}^4$ also gleich 1 ist, so kann man nach einem bekannten Lehrsatze aus der Theorie der Gleichungen setzen

$$\left.\begin{aligned} &u^2(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}^2)+v^2(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}^2)\\ &\qquad + w^2(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}^2)\equiv(\mathfrak{q}^2-\mathfrak{q}_1^2)(\mathfrak{q}^2-\mathfrak{q}_2^2) \end{aligned}\right\}\quad(26)$$

welche Gleichung für $\mathfrak{q}^2$ identisch ist; man kann daher für $\mathfrak{q}^2$ nach einander die Grössen $\mathfrak{a}^2$, $\mathfrak{b}^2$, $\mathfrak{c}^2$ substituiren und erhält so folgende Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} u^2 &= -\frac{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}_1^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}_2^2)}{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)}\\ v^2 &= -\frac{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}_1^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}_2^2)}{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2)}\\ w^2 &= -\frac{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}_1^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}_2^2)}{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)} \end{aligned}\right\}\quad(27)$$

wodurch der erste Theil der Aufgabe gelöst ist.

Damit aber in diesen Gleichungen die rechten Theile ebenfalls positiv seien. muss mit Rücksicht auf die angenommenen Relationen $\mathfrak{a}>\mathfrak{b}>\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{q}_1>\mathfrak{q}_2$ auch folgende Relation bestehen:

$$\mathfrak{a}>\mathfrak{q}_1>\mathfrak{b}>\mathfrak{q}_2>\mathfrak{c}.$$

Dividirt man ferner die Gleichung (26) durch

$$(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}^2)=U,$$

so erhält man

$$\frac{u^2}{a^2-q^2}+\frac{v^2}{b^2-q^2}+\frac{w^2}{c^2-q^2}\equiv\frac{(q^2-q_1^2)(q^2-q_2^2)}{U}$$

welche Gleichung nach q^2 noch immer identisch ist, man kann sie daher auch nach q^2 differenciren, und erhält hiedurch zufolge Gleichung (9)

$$\frac{1}{F^2}\equiv\frac{U(2q^2-q_1^2-q_2^2)+(q^2-q_1^2)(q^2-q_2^2)\frac{dU}{dq^2}}{U^2}$$

welche Gleichung ebenfalls nach q^2 identisch ist. Setzt man hierin $q=q_1$, dann $q=q_2$, so findet man:

$$\left.\begin{aligned}F_1^2&=\frac{(a^2-q_1^2)(b^2-q_1^2)(c^2-q_1^2)}{q_1^2-q_2^2}\\F_2^2&=\frac{(a^2-q_2^2)(b^2-q_2^2)(c^2-q_2^2)}{q_2^2-q_1^2}\end{aligned}\right\}\quad(28)$$

Quadrirt man nun die Gleichungen (7) und setzt für u^2, v^2, w^2, F^2 ihre Werthe aus den Gleichungen (27) und (28), so erhält man schliesslich:

$$\left.\begin{aligned}h_1^2&=-\frac{a^2-q_2^2}{q_1^2-q_2^2}\cdot\frac{(b^2-q_1^2)(c^2-q_1^2)}{(c^2-a^2)(a^2-b^2)},\; h_2^2=-\frac{a^2-q_1^2}{q_2^2-q_1^2}\cdot\frac{(b^2-q_2^2)(c^2-q_2^2)}{(c^2-a^2)(a^2-b^2)}\\k_1^2&=-\frac{b^2-q_2^2}{q_1^2-q_2^2}\cdot\frac{(c^2-q_1^2)(b^2-q_1^2)}{(a^2-b^2)(b^2-c^2)},\; k_2^2=-\frac{b^2-q_1^2}{q_2^2-q_1^2}\cdot\frac{(c^2-q_2^2)(b^2-q_2^2)}{(a^2-b^2)(b^2-c^2)}\\l_1^2&=-\frac{c^2-q_2^2}{q_1^2-q_2^2}\cdot\frac{(a^2-q_1^2)(b^2-q_1^2)}{(b^2-c^2)(c^2-a^2)},\; l_2^2=-\frac{c^2-q_1^2}{q_2^2-q_1^2}\cdot\frac{(a^2-q_2^2)(b^2-q_2^2)}{(b^2-c^2)(c^2-a^2)}\end{aligned}\right\}\quad(29)$$

durch welche Gleichungen unsere Aufgabe vollkommen gelöst ist. Die Gleichungen (27) und (29) wurden zuerst von Sylvester gegeben.

§. 8.

Weitere Beziehungen zwischen den Grössen der vorhergehenden Paragraphe ergeben sich auf folgende Weise: Multiplicirt man die Gleichungen (7) mit einander, so erhält man zufolge der Gleichungen (28):

$$\left.\begin{aligned}F_1&=\frac{h_1k_1l_1}{uvw}(q_1^2-q_2^2)\\F_2&=\frac{h_2k_2l_2}{uvw}(q_2^2-q_1^2)\end{aligned}\right\}\quad(30)$$

Multiplicirt man ferner die zweite Gleichung (7) mit l_1, die letzte mit k_1 und subtrahirt sie, so wird zufolge der Gleichungen (16)

$$(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)\, k_1 l_1 = F_1\,(v l_1 - w k_1) = F_1 h_2$$

und wenn man in dieser Gleichung für F_1 seinen Werth aus den Gleichungen (30) setzt:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2 &= \frac{h_1 h_2}{uvw}\,(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2) \\ \mathfrak{c}^2 - \mathfrak{a}^2 &= \frac{k_1 k_2}{uvw}\,(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2) \\ \mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2 &= \frac{l_1 l_2}{uvw}\,(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2) \end{aligned}\right\} \qquad (31)$$

indem die beiden letzten Gleichungen sich auf ähnliche Weise ableiten lassen.

Wie aus diesen Gleichungen hervorgeht, hat man die Proportion

$$(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2) : (\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{a}^2) : (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2) = h_1 h_2 : k_1 k_2 : l_1 l_2 \qquad (32)$$

welche sich auch sogleich aus den Gleichungen (14) und (21) ergibt.

Setzt man aber die obigen Werthe von F_1 und F_2 in die Gleichungen (7), so wird

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}_1^2 &= \frac{k_1 l_1}{vw}\,(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2), & (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}_2^2) &= \frac{k_2 l_2}{vw}\,(\mathfrak{q}_2^2 - \mathfrak{q}_1^2) \\ \mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}_1^2 &= \frac{l_1 h_1}{wu}\,(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2), & (\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}_2^2) &= \frac{l_2 h_2}{wu}\,(\mathfrak{q}_2^2 - \mathfrak{q}_1^2) \\ \mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}_1^2 &= \frac{h_1 k_1}{uv}\,(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2), & (\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}_2^2) &= \frac{h_2 k_2}{uv}\,(\mathfrak{q}_2^2 - \mathfrak{q}_1^2) \end{aligned}\right\} \qquad (33)$$

welche Gleichungen, wenn man in ihnen $(\mathfrak{q}_1^2 - \mathfrak{q}_2^2)$ durch seinen Werth aus den Gleichungen (31) ersetzt, auch so geschrieben werden können:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}_1^2 &= u\,\frac{k_1 l_1}{h_1 h_2}\,(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2), & \mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}_2^2 &= -u\,\frac{k_2 l_2}{h_1 h_2}\,(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2) \\ \mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}_1^2 &= v\,\frac{l_1 h_1}{k_1 k_2}\,(\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{a}^2), & \mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}_2^2 &= -v\,\frac{l_2 h_2}{k_1 k_2}\,(\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{a}^2) \\ \mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}_1^2 &= w\,\frac{h_1 k_1}{l_1 l_2}\,(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2), & \mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}_2^2 &= -w\,\frac{h_2 k_2}{l_1 l_2}\,(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2) \end{aligned}\right\} \qquad (34)$$

§. 9.

Damit in den Gleichungen (27) die rechten Theile positiv seien, ist auch noch der specielle Fall $q_1 = q_2$ möglich, alsdann muss aber, wie diese Gleichungen zeigen, ferner $q_1 = q_2 = b$ sein. Indem wir in diesem Falle alle Grössen mit dem Index o versehen, haben wir nun

$$u_0^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2 - c^2} \quad v_0^2 = 0 \quad w_0^2 = \frac{b^2 - c^2}{a^2 - c^2} \tag{35}$$

Durch diese Werthe der Cosinusse u, v, w ist also die Richtung gegeben, nach welcher beide Wellen sich nur mit einerlei Geschwindigkeit und zwar mit der Geschwindigkeit b fortpflanzen. Diese Richtung liegt wegen $v_0 = o$ in der Ebene XZ, d. h. in der Ebene der grössten und kleinsten Elasticitätsaxe; da ferner das Zeichen der Cosinusse u_0 und w_0 in den obigen Gleichungen sowohl positiv, als negativ genommen werden kann, so überzeugt man sich leicht, dass zwei solche Richtungen bestehen, welche sich zu beiden Seiten des Mittelpunktes O fortsetzen. Man nennt diese beiden Richtungen (AA', BB') die optischen Axen und zwar bezeichnen wir diejenigen Hälften (OA, OB) derselben als positiv, welche die positive Halbaxe c einschliessen. Versteht man unter u_0 und w_0 künftig nur die positiven Werthe derselben, so ist die Richtung von OA gegeben durch u_0 und w_0, die Richtung von OB aber durch $-u_0$ und w_0. Sprechen wir kurzweg von den optischen Axen, so wollen wir immer die positiven Richtungen derselben verstehen.

Man nennt positiven Winkel der optischen Axen den Winkel, welchen die positiven Hälften derselben einschliessen; derselbe ist also gleich

$$\left.\begin{aligned} AB = A'B' = 2 \, arc \cos w_0 \\ \cos\frac{AB}{2} = \sqrt{\frac{b^2 - c^2}{a^2 - c^2}} \quad \sin\frac{AB}{2} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2 - c^2}} \end{aligned}\right\} \tag{36}$$

Negativen Winkel der optischen Axen dagegen nennt man den Supplementswinkel zum positiven Winkel; also den Winkel, den eine positive Richtung mit der nächsten negativen Richtung macht und dieser ist daher gleich

$$\left.\begin{aligned} AB' = A'B = 2 \, arc \cos u_0 \\ \cos\frac{AB'}{2} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2 - c^2}} \quad \sin\frac{AB'}{2} = \sqrt{\frac{b^2 - c^2}{a^2 - c^2}} \end{aligned}\right\} \tag{37}$$

Man nennt einen Krystall in Bezug auf seine optischen Eigenschaften positiv oder negativ, je nachdem der positive oder negative Winkel der optischen Axen kleiner als 90° ist.

Aus den Gleichungen (32) und (35) leitet man leicht folgende zwei neue Gleichungen [1]) ab:

$$u_0^2 = -\frac{l_1 l_2}{k_1 k_2} \quad w_0^2 = -\frac{h_1 h_2}{k_1 k_2} \quad (38)$$

§. 10.

Bezeichnen wir nun die Winkel, welche die eine optische Axe (OA) mit der Normale und den Schwingungsrichtungen der schnelleren und langsameren Welle einschliesst mit $\varphi\ \chi_1\ \chi_2$ und die Winkel, welche die zweite optische Axe (OB) mit denselben Richtungen bildet, mit $\varphi'\ \chi_1'\ \chi_2'$, so haben wir für die Cosinusse der Winkel, welche diese Richtungen und die Coordinatenaxen unter einander bilden, folgendes Schema.

	OQ	OR	OR^1	OA	OB
OX	u	h_1	h_2	u_0	$-u_0$
OY	v	k_1	k_2	0	0
OZ	w	l_1	l_2	w_0	w_0
OA	$\cos\varphi$	$\cos\chi_1$	$\cos\chi_2$	1	$\cos AB$
OB	$\cos\varphi'$	$\cos\chi_1'$	$\cos\chi_2'$	$\cos AB$	1

Auch die Winkel $\varphi\ \chi_1\ \chi_2$ sollen nur von 0 — 180° gezählt werden.

Nach der bekannten Formel der analytischen Geometrie, die den Cosinus der Neigung zweier Linien durch die Cosinusse der Winkel ausdrückt, welche die beiden Linien mit drei rechtwinkeligen Axen bilden, erhält man nun folgende Gleichungen:

$$\cos\varphi = u u_0 + w w_0 \qquad \cos\varphi' = -u u_0 + w w_0 \quad (39)$$

$$\left.\begin{aligned} \cos\chi_1 &= h_1 u_0 + l_1 w_0 & \cos\chi_1' &= -h_1 u_0 + l_1 w_0 \\ \cos\chi_2 &= h_2 u_0 + l_2 w_0 & \cos\chi_2' &= -h_2 u_0 + l_2 w_0 \end{aligned}\right\} \quad (40)$$

$$\left.\begin{aligned} u_0 &= u\cos\varphi + h_1\cos\chi_1 + h_2\cos\chi_2 = u\cos\varphi' + h_1\cos\chi_1' + h_2\cos\chi_2' \\ 0 &= v\cos\varphi + k_1\cos\chi_1 + k_2\cos\chi_2 = v\cos\varphi' + k_1\cos\chi_1' + k_2\cos\chi_2' \\ w_0 &= w\cos\varphi + l_1\cos\chi_1 + l_2\cos\chi_2 = w\cos\varphi' + l_1\cos\chi_1' + l_2\cos\chi_2' \end{aligned}\right\} \quad (41)$$

---

[1]) Über die Anwendung dieser Gleichungen zur Messung des Winkels der optischen Axen siehe Beer, Pogg. Ann. Bd. 91.

Multiplicirt man die erste Gleichung (41) mit k_2, die zweite mit h_2 und subtrahirt sie, so erhält man zufolge der Gleichungen (16) die erste der folgenden Gleichungen:

$$u_0\, k_2 = -\, l_1 \cos\varphi + w \cos\chi_1$$
$$-\, w_0\, k_2 = -\, h_1 \cos\varphi + u \cos\chi_1$$

indem die zweite Gleichung sich auf ähnliche Weise aus den beiden letzten Gleichungen (41) ableiten lässt. Multiplicirt man nun die erste dieser Gleichungen mit h_1, u, u_0, die zweite mit l_1, w, w_0 und addirt sie, so findet man mit Rücksicht auf die Gleichungen (39) und (40)

$$(h_1 u_0^2 u - l_1 w_0^2 w)\, k_2 = -\, h_1 l_1 \cos\varphi^2 + uw \cos\chi_1^2$$

und wenn man für u_0^2 und w_0^2 ihre Werthe aus den Gleichungen (38) setzt

$$\frac{h_1 l_1}{k_1}\,(h_2 w - l_2 u) = -\, h_1 l_1 \cos\varphi^2 + uw \cos\chi_1^2$$

was zufolge der Gleichungen (16) wird

$$-\, h_1 l_1 = -\, h_1 l_1 \cos\varphi^2 + uw \cos\chi_1^2.$$

Schreibt man diese Gleichung in anderer Form, so erhält man die erste der folgenden vier Gleichungen, die sich alle auf ähnliche Weise ergeben:

$$\left.\begin{matrix} uw \cos\chi_1^2 = -\, h_1 l_1 \sin\varphi^2 & uw \cos\chi_2^2 = -\, h_2 l_2 \sin\varphi^2 \\ uw \cos\chi_1'^2 = -\, h_1 l_1 \sin\varphi'^2 & uw \cos\chi_2'^2 = -\, h_2 l_2 \sin\varphi'^2 \end{matrix}\right\} \quad (42)$$

Zufolge der Gleichungen (33) kann man aber diese Gleichungen auch so schreiben:

$$\left.\begin{matrix} \cos\chi_1 = \sqrt{\dfrac{b^2 - q_1^2}{q_2^2 - q_1^2}} \,.\, \sin\varphi & \cos\chi_2 = \sqrt{\dfrac{b^2 - q_2^2}{q_1^2 - q_2^2}} \,.\, \sin\varphi \\ \cos\chi_1' = \sqrt{\dfrac{b^2 - q_1^2}{q_2^2 - q_1^2}} \,.\, \sin\varphi' & \cos\chi_2' = \sqrt{\dfrac{b^2 - q_2^2}{q_1^2 - q_2^2}} \,.\, \sin\varphi' \end{matrix}\right\} \quad (43)$$

§. 11.

Quadrirt und addirt man die Gleichungen (39), so erhält man zufolge der Gleichungen (27) und (35):

$$\cos\varphi^2 + \cos\varphi'^2 = 2(u^2 u_0^2 + w w_0^2) = 2\,.\,\frac{2 q_1^2 q_2^2 - (a^2 + c^2)(q_1^2 + q_2^2) + a^4 + c^4}{(a^2 - c^2)^2}$$

multiplicirt man aber dieselben Gleichungen, so wird

$$\cos\varphi \cos\varphi' = -\, u^2 u_0^2 = w^2 w_0^2 = \frac{q_1^2 + q_2^2 - (a^2 + c^2)}{a^2 - c^2} \quad (44)$$

Mit Hilfe dieser beiden Gleichungen findet man ferner

$$\sin\varphi^2 \sin\varphi'^2 = 1 - (\cos\varphi^2 + \cos\varphi'^2) + \cos\varphi^2 \cos\varphi'^2 = \frac{q_1^4 - 2 q_1^2 q_2^2 + q_2^4}{(a^2 - c^2)^2}$$

und, wenn man hieraus die Wurzel zieht:

$$sin\ \varphi\ sin\ \varphi' = \frac{q_1^2 - q_2^2}{a^2 - c^2}\ ; \tag{45}$$

über das Zeichen kann hierbei kein Zweifel sein, denn es muss so gewählt werden, dass das Product $sin\ \varphi\ sin\ \varphi'$ positiv wird, da ja wie angenommen, φ und φ' nur von $0-180^{\circ}$ gezählt werden sollen.

Schreibt man die Gleichungen (44) und (45) in folgender Gestalt:

$$\left.\begin{aligned} q_1^2 + q_2^2 &= a^2 + c^2 + (a^2 - c^2)\ cos\ \varphi\ cos\ \varphi' \\ q_1^2 - q_2^2 &= (a^2 - c^2)\ sin\ \varphi\ sin\ \varphi' \end{aligned}\right\} \tag{46}$$

durch welche Gleichungen die Summe und Differenz von q_1^2 und q_2^2 durch φ und φ' ausgedrückt werden, so erhält man durch Addition und Subtraction derselben leicht:

$$\left.\begin{aligned} q_1^2 &= \frac{a^2 + c^2}{2} + \frac{a^2 - c^2}{2}\ cos\ (\varphi - \varphi') \\ q_2^2 &= \frac{a^2 + c^2}{2} + \frac{a^2 - c^2}{2}\ cos\ (\varphi + \varphi') \end{aligned}\right\} \tag{47}$$

oder da allgemein

$$cos\ (\varphi + \varphi') = cos\left(\frac{\varphi \pm \varphi'}{2}\right)^2 - sin\ \left(\frac{\varphi \pm \varphi'}{2}\right)^2$$

ist, so kann man die vorhergehenden Gleichungen auch schreiben:

$$\left.\begin{aligned} q_1^2 &= a^2\ cos\ \left(\frac{\varphi - \varphi'}{2}\right)^2 + c^2\ sin\ \left(\frac{\varphi - \varphi'}{2}\right)^2 \\ q_2^2 &= a^2\ cos\ \left(\frac{\varphi + \varphi'}{2}\right)^2 + c^2\ sin\ \left(\frac{\varphi - \varphi'}{2}\right)^2 \end{aligned}\right\} \tag{48}$$

Die Gleichungen (47) oder (48) geben die Auflösung der Gleichung (8) mittelst der Hilfswinkel φ und φ', da diese zufolge der Gleichungen (35) und (39) nur von u, v, w und der Grösse der Elasticitätsaxen abhängen.

Durch Multiplication der Gleichungen (43) erhält man:

$$(q_2^2 - q_1^2)\ cos\ \chi_1\ cos\ \chi_1' = (b^2 - q_1^2)\ sin\ \varphi\ sin\ \varphi'$$
$$(q_1^2 - q_2^2)\ cos\ \chi_2\ cos\ \chi_2' = (b^2 - q_2^2)\ sin\ \varphi\ sin\ \varphi'$$

und diese Gleichungen werden zufolge Gleichung (45):

$$\left.\begin{aligned} q_1^2 &= b^2 + (a^2 - c^2)\ cos\ \chi_1\ cos\ \chi_1' \\ q_2^2 &= b^2 - (a^2 - c^2)\ cos\ \chi_2\ cos\ \chi_2' \end{aligned}\right\} \tag{49}$$

wodurch ebenfalls die Gleichung (8) nach q^2 aufgelöst wird.

Die Gleichungen dieses Paragraphes wurden zuerst von Sylvester gefunden, von dem auch die hier gegebene Ableitung der Gleichungen (44) und (45) herrührt.

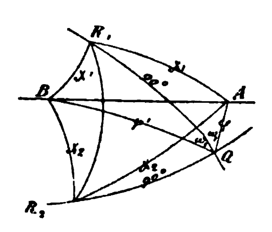
§. 12.

Nicht bei allen doppeltbrechenden Körpern, welche in der Natur beobachtet werden, sind alle drei Grössen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ von einander verschieden, sondern es finden sich auch Krystalle, bei denen das Licht sich nach zwei Axen gleich schnell fortpflanzt. Um auf solche Körper unsere Formeln anzuwenden, können wir nur entweder $\mathfrak{a}=\mathfrak{b}$ oder $\mathfrak{b}=\mathfrak{c}$ setzen. Ohne diese Specialisirung in allen Fällen durchzuführen, wollen wir nur sehen, was die Gleichungen (47) dadurch werden.

Erster Fall $\mathfrak{a}=\mathfrak{b}$. Die Gleichungen (36) geben alsdann $AB=o$; es fallen also die beiden optischen Axen mit der Richtung der Axe $\mathfrak{c}$ zusammen, welche man daher die optische Axe des Krystalls nennt; der Krystall selbst aber ist in diesem Falle optisch positiv. Die Gleichungen (39) geben ferner $\varphi=\varphi'$, wodurch in den Gleichungen (47) $\mathfrak{q}_1$ constant wird, d. h. in diesem Falle pflanzt sich die geschwindere Welle nach jeder Richtung mit gleicher Geschwindigkeit $\mathfrak{a}$ fort, und wird dadurch zur ordentlichen Welle.

Zweiter Fall. Ist $\mathfrak{b}=\mathfrak{c}$, so ist $AB=180^\circ$ und die optischen Axen fallen mit der Axe $\mathfrak{a}$ zusammen; ein solcher Krystall ist daher optisch negativ und die Axe $\mathfrak{a}$ heisst die optische Axe desselben. Man findet ferner, dass $\varphi+\varphi'=180^\circ$ ist und dadurch $\mathfrak{q}_2$ constant wird und dass daher die ordentliche Welle in diesem Falle der langsameren Welle entspricht, welche sich mit der Geschwindigkeit $\mathfrak{c}$ fortpflanzt.

§. 13.



Denkt man sich durch Wellennormale und die beiden optischen Axen Ebenen gelegt und bezeichnet man die Winkel, welche diese Ebenen mit den Schwingungsebenen machen mit w_1 w_1' w_2 w_2', so erhält man, wie sich aus nebenstehender Figur ergibt, mit Hilfe sphärischer Trigonometrie folgende Gleichungen:

$$\cos\chi_1 = \cos\omega_1 \sin\varphi \qquad \cos\chi_2 = \cos\omega_2 \sin\varphi$$
$$\cos\chi_1' = \cos\omega' \sin\varphi \qquad \cos\varphi_2' = \cos\omega_2' \sin\varphi'$$

Vergleicht man diese Gleichungen mit den Gleichungen (43), so sieht man, dass folgende Relationen bestehen müssen:

$$\left.\begin{aligned} \cos\omega_1 &= \cos\omega_1' = \sqrt{\frac{\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}_1^2}{\mathfrak{q}_2^2-\mathfrak{q}_1^2}} \\ \cos\omega_2 &= \cos\omega_2' = \sqrt{\frac{\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}_2^2}{\mathfrak{q}_1^2-\mathfrak{q}_2^2}} \end{aligned}\right\} \tag{50}$$

woraus folgt, dass

$$\omega_1 = \omega_1' \qquad \omega_2 = \omega_2' \tag{51}$$

ist, dass also die Schwingungsebenen die Winkel halbiren, welche zwei durch Wellennormale und die optischen Axen gehende Ebenen mit einander bilden.

Dieser Satz wurde zuerst von Mac Cullagh gefunden.

§. 14.

Der Satz, von dem wir ausgingen, lehrte die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit und die Schwingungsrichtung einer Welle finden durch die Hauptaxen des Schnittes der Wellenebene mit einem Ellipsoide. Man kann aber statt dieses Ellipsoides jede Oberfläche von der Form

$$(x^2+y^2+z^2)^i = \mathfrak{a}^2x^2+\mathfrak{b}^2y^2+\mathfrak{c}^2z^2 \tag{52}$$

wählen, wie in diesem Paragraphe nachgewiesen werden soll. Setzt man

$$x = \mathfrak{r}h \qquad y = \mathfrak{r}k \qquad z = \mathfrak{r}l$$

$$x^2+y^2+z^2 = \mathfrak{r}^2$$

so wird die Gleichung der Oberfläche

$$\mathfrak{r}^{2i-2} = \mathfrak{a}^2h^2+\mathfrak{b}^2k^2+\mathfrak{c}^2l^2.$$

Zuvörderst sieht man nun ein, dass wenn h, k, l dieselben Werthe wie früher haben sollen, zufolge der Gleichung (4) auch sein muss

$$\mathfrak{r}^{i-1} = \mathfrak{q} \tag{53}$$

Sucht man nun aber die Richtung und Grösse der Hauptaxen des Schnittes dieser Oberfläche mit der der Wellenebene parallelen Diametralebene

$$ux+vy+wz = 0,$$

so erhält man auf demselben Wege wie im §. 1 zur Bestimmung dieser Grössen die Gleichungen:

$$\begin{aligned} (\mathfrak{a}^2-\mathfrak{r}^{2i-2})\,h &= Fu \\ (\mathfrak{b}^2-\mathfrak{r}^{2i-2})\,k &= Fv \\ (\mathfrak{c}^2-\mathfrak{r}^{2i-2})\,l &= Fw \end{aligned}$$

welche wirklich in die Gleichungen (7) übergehen, wenn man für $\mathfrak{r}$ den aus der Gleichung (53) folgenden Werth nimmt.

Verwendet man daher diese allgemeinere Oberfläche zur Bestimmung der Geschwindigkeit und Schwingungsrichtung der Welle, so hat man den Satz:

Die Geschwindigkeit einer Welle ist gleich der i—1 Potenz einer der Hauptaxen des Schnittes von (52) mit der Wellenebene, die zugehörige Schwingungsrichtung aber ist parallel der Richtung dieser Hauptaxe.

Setzt man $i=o$, so geht die Oberfläche (52) in das Polarisationsellipsoid über. In dem Falle $i=1$ wird dagegen die Oberfläche zur Bestimmung untauglich, da sie alsdann einen Asymptoten-Kegel vorstellt.

Besonderes Interesse hat aber der Fall, wo $i=2$ ist. Die Geschwindigkeit einer Welle ist dann gegeben durch $\mathfrak{r}^2$; da man aber annimmt, dass das Quadrat der Geschwindigkeit auch proportional der Elasticität des Mediums in der entsprechenden Schwingungsrichtung sei, so ist in diesem Falle die Elasticität des Mediums gegeben durch das Quadrat des Radius. Die Oberfläche (52) für $i=2$ wurde daher von Fresnel Elasticitätsfläche genannt und ihre Gleichung ist

$$(x^2 + y^2 + z^2)^2 = \mathfrak{a}^2x^2 + \mathfrak{b}^2y^2 + \mathfrak{c}^2z^2 \qquad (54)$$

Die Gleichung (53) wird in diesem Falle

$$\mathfrak{r} = \mathfrak{q}$$

und da $\mathfrak{q}$ auch den reciproken Radius des Polarisationsellipsoides bedeutet, so hat man folgenden von Plücker ausgesprochenen Satz:

Das Product aus der Länge der beiden Radien der Elasticitätsfläche und des Polarisationsellipsoides, deren Richtung dieselbe, ist gleich der Einheit.

§. 15.

Geht eine Lichtwelle z. B. von Luft in einen doppelbrechenden Krystall über, so findet man, falls die Richtung der Wellennormale in der Luft und die Lage der Trennungsebene gegen die Elasticitätsaxen bekannt ist, die Richtung der Normale der gebrochenen Welle zufolge dem Gesetze, dass die Normale der gebrochenen Welle in der Einfallsebene liegen und für dieselbe der Sinus des Einfallswinkels zu dem Sinus des Brechungswinkels sich wie die Geschwin-

digkeit der Wellenebene in der Luft zu der im Krystalle verhalten muss. Um aber auch die Fortpflanzungsrichtung des Lichtes im Krystalle, oder wie man sagt, die Richtung des Strahles zu erfahren, ist es, wie aus der Huygens'schen Construction hervorgeht, nothwendig, die Wellenfläche zu kennen, d. h. jene Oberfläche, welche alle Ebenen einhüllt, deren senkrechter Abstand vom Coordinaten-Anfangspunkt gleich derjenigen Wellengeschwindigkeit ist, die aus Gleichung (8) für die Richtung der Normale dieser Ebene folgt, oder deren senkrechter Abstand gleich ist dem parallelen Radius der Oberfläche der Wellengeschwindigkeit. Der Radius an dem Berührungspunkte einer Wellenebene mit der Wellenfläche stellt nun die Richtung des zu dieser Wellenebene gehörigen Strahles vor; die Länge des Radius aber gibt ersichtlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles.

Die Wellenfläche ist also die Einhüllende aller Ebenen, deren Gleichungen gegeben sind durch

$$ux + vy + wz = \mathfrak{q} \tag{55}$$

worin $\mathfrak{q}$ mit den Cosinussen der Normalen auf diese Ebene u, v, w durch die Gleichung (8) verknüpft ist. Da $u^2+v^2+w^2=1$ ist, so sieht man, dass $u, v, w, \mathfrak{q}$ nur als abhängige zweier Variabeln zu betrachten sind. Man findet nun die gesuchte Oberfläche, wenn man die Gleichung (55) nach einander nach diesen beiden Variabeln differentirt und aus diesen beiden neuen Gleichungen und der Gleichung (55) die Grössen $u, v, w, \mathfrak{q}$ eliminirt. Differentirt man nun die Gleichung (55) und die Gleichung (3) nach einer dieser Variabeln, so erhält man

$$\left(x - \frac{d\mathfrak{q}}{du}\right) du + \left(y - \frac{d\mathfrak{q}}{dv}\right) dv + \left(z - \frac{d\mathfrak{q}}{dw}\right) dw = 0$$

$$u\, du + v\, dv + w\, dw = 0.$$

Multiplicirt man die letzte Gleichung mit G und subtrahirt sie von der ersten, so wird

$$\left(x - \frac{d\mathfrak{q}}{du} - u\,G\right) du + \left(y - \frac{d\mathfrak{q}}{dv} - v\,G\right) dv + \left(z - \frac{d\mathfrak{q}}{dw} - w\,G\right) dw = 0.$$

Wir können nun die Grösse G so bestimmen, dass einer der Coëfficienten von du, dv, dw gleich Null wird; dann müssen aber auch die beiden anderen Coëfficienten gleich Null sein, da ja die Gleichung bestehen muss, nach welcher der beiden Variabeln wir diffe-

rentiren. Die letzte Gleichung löst sich daher in folgende drei Gleichungen auf:

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{d\mathfrak{q}}{du} - u\,G \\ y &= \frac{d\mathfrak{q}}{dv} - v\,G \\ z &= \frac{d\mathfrak{q}}{dw} - w\,G \end{aligned}\right\} \qquad (56)$$

Mit Rücksicht auf die Gleichung (9) findet man aber durch partielle Differentiation der Gleichung (8):

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\mathfrak{q}}{du} &= -\frac{F^2}{\mathfrak{q}} \cdot \frac{u}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2} \\ \frac{d\mathfrak{q}}{dv} &= -\frac{F^2}{\mathfrak{q}} \cdot \frac{v}{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2} \\ \frac{d\mathfrak{q}}{dw} &= -\frac{F^2}{\mathfrak{q}} \cdot \frac{w}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2} \end{aligned}\right\} \qquad (57)$$

und wenn man diese Gleichungen beziehungsweise mit u, v, w multiplicirt und addirt:

$$u\,\frac{dq}{du} + v\,\frac{dq}{dv} + w\,\frac{dq}{dw} = 0 \qquad (58)$$

Multiplicirt man die vorhergehenden drei Gleichungen (56) ebenfalls mit u, v, w, so erhält man durch die Addition derselben mit Rücksicht auf die Gleichungen (55) und (58)

$$\mathfrak{q} = -G.$$

Zufolge dieser Gleichungen und der Gleichungen (57) werden nun die Gleichungen (56)

$$\left.\begin{aligned} x &= -\frac{F^2}{\mathfrak{q}} \cdot \frac{u}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2} + u\mathfrak{q} \\ y &= -\frac{F^2}{\mathfrak{q}} \cdot \frac{v}{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2} + v\mathfrak{q} \\ z &= -\frac{F^2}{\mathfrak{q}} \cdot \frac{w}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2} + w\mathfrak{q} \end{aligned}\right\} \qquad (59)$$

In diesen Gleichungen bedeuten x, y, z nunmehr die Coordinaten des Berührungspunktes (5) der Wellenebene (55) mit der Wellenfläche; um die Gleichung der letzteren zu erhalten, bleibt noch übrig, aus den drei Gleichungen (59) eine neue zu bilden, welche die Grössen u, v, w, F, $\mathfrak{q}$ nicht mehr enthält. Doch bevor wir dieses thun, wollen wir noch einige andere Bemerkungen machen.

Die in diesem Paragraphe eingeschlagene Methode, um zu den letzten Gleichungen zu gelangen, rührt in ihren Grundzügen von A. Smith her.

§. 16.

Nennt man die Entfernung des Punktes (x, y, z), in welchem die Wellenebene (55) die Wellenfläche berührt, vom Coordinaten-Anfangspunkte $\mathfrak{s}$ und die Cosinusse der Winkel, welche diese Linie mit den Coordinatenaxen bildet, m, n, p, so hat man

$$\left.\begin{array}{c} x = m\mathfrak{s} \qquad y = n\mathfrak{s} \qquad z = p\mathfrak{s} \\ \mathfrak{s}^2 = x^2 + y^2 + z^2 \end{array}\right\} \tag{60}$$

und es geben die Cosinusse m, n, p die Richtung des Strahles (OS), dessen zugehörige Wellennormale durch u, v, w gegeben ist; die Grösse $\mathfrak{s}$ aber repräsentirt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles.

Quadrirt und addirt man nun die Gleichungen (59), so erhält man mit Rücksicht auf die zweite Gleichung (60)

$$\mathfrak{s}^2 = \frac{F^2}{\mathfrak{q}^2} + \mathfrak{q}^2 = \frac{1}{\mathfrak{q}^2}(F^2 + \mathfrak{q}^4) \tag{61}$$

Bestimmt man die Grösse H durch folgende Gleichung

$$\frac{\mathfrak{q}^2\,\mathfrak{s}^2}{F} = -H. \tag{62}$$

so lässt sich die vorhergehende Gleichung auch so schreiben:

$$\frac{1}{\mathfrak{q}^2} = \mathfrak{s}^2\left(\frac{1}{H^2} + \frac{1}{\mathfrak{s}^4}\right); \tag{63}$$

die Bedeutung der Grösse H wird sich später ergeben.

Mit Hilfe der Gleichung (61) lassen sich nun die Gleichungen (59) auch in folgender Form darstellen:

$$\left.\begin{array}{l} \mathfrak{q}u = \mathfrak{s}m + \dfrac{F}{\mathfrak{q}}h \\ \mathfrak{q}v = \mathfrak{s}n + \dfrac{F}{\mathfrak{q}}k \\ \mathfrak{q}w = \mathfrak{s}p + \dfrac{F}{\mathfrak{q}}l \end{array}\right\} \tag{64}$$

Aus den Gleichungen (61) ersieht man, dass, je nachdem man $\mathfrak{q}$ durch $\mathfrak{q}_1$ oder $\mathfrak{q}_2$ ersetzt, man auch zwei Werthe für $\mathfrak{s}$ erhält, und daher zufolge der Gleichungen (64) auch zwei Werthe für m, n, p erhält, welche wir nach der eingeführten Bezeichnung durch die Indices $_1$ und $_2$ unterscheiden. Lässt man nun die Gleichungen

(64) für $\mathfrak{q}_2$ gelten und multiplicirt sie mit h_1, k_1, l_1, so erhält man durch die Addition derselben, wenn man dasselbe auch umgekehrt macht:

$$\left.\begin{aligned} h_1 m_2 + k_1 n_2 + l_1 p_2 &= 0 \\ h_2 m_1 + k_2 n_1 + l_2 p_1 &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{65}$$

welche Gleichungen besagen, dass der zur schnelleren Welle gehörige Strahl senkrecht steht auf der Schwingungsrichtung der langsameren und umgekehrt. Die Gleichungen (65) geben daher in Verbindung mit den Gleichungen (22) den folgenden Satz:

Die Wellennormale, der zugehörige Strahl, die Schwingungsrichtung und die Ergänzungslinie liegen immer in einer und derselben Ebene, der sogenannten Schwingungsebene.

Setzt man die Werthe für u, v, w aus den Gleichungen (64) in die Gleichung (11), so erhält man

$$\mathfrak{a}^2 hm + \mathfrak{b}^2 kn + \mathfrak{c}^2 lp = 0 \tag{66}$$

oder wenn man durch $\sqrt{F^2 + \mathfrak{q}^4}$ dividirt, zufolge der Gleichungen (20)

$$em + fn + gp = 0 \tag{67}$$

aus welcher Gleichung hervorgeht, dass der Strahl und die Ergänzungslinie auf einander senkrecht stehen. Da aber die Wellennormale und die zugehörige Schwingungsrichtung ebenfalls einen rechten Winkel bilden, so muss daher auch der Winkel, welchen die Wellennormale mit dem zugehörigen Strahle macht, gleich dem Winkel zwischen der Schwingungsrichtung und der Ergänzungslinie sein. Wir haben diesen Winkel früher θ genannt und es ist für denselben zufolge der Gleichungen (23), (24) und (62):

$$\left.\begin{aligned} \cos\theta &= \frac{\mathfrak{q}^2}{\sqrt{F^2 + \mathfrak{q}^4}} = \frac{H^2}{\sqrt{H^4 + \mathfrak{s}^4}} \\ \tan\theta &= \frac{F}{\mathfrak{q}^2} = -\frac{\mathfrak{s}^2}{H} \end{aligned}\right\} \tag{68}$$

Die Gleichungen (65) und (67) wurden von Sylvester bewiesen, derselbe gab aber, wie schon erwähnt, nicht die geometrische Bedeutung der Ergänzungslinie.

Zufolge der eben bewiesenen Gleichungen (65) und (67) kann man aber mit Rücksicht auf die geometrische Bedeutung der Ergänzungslinie den Satz des §. 1, von dem unsere ganze Betrachtung ausging, folgendermassen erweitern:

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach einer bestimmten Richtung ist gegeben durch die reciproke Länge einer der Hauptaxen des Schnittes, welche das Polarisationsellipsoid mit einer zur Wellenebene parallelen Diametralebene macht; die Richtung dieser Hauptaxen gibt die zugehörige Schwingungsrichtung: der zugehörige Strahl aber ist parallel der Durchschnittslinie der Schwingungsebene mit der im Endpunkte der betreffenden Hauptaxe an das Ellipsoid gelegten Tangentialebene.

§. 17.

Zufolge der Gleichungen (62) kann man nun die Gleichungen (20) auch so schreiben:

$$e = \frac{\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{q}^2\mathfrak{s}^2} h \quad f = \frac{\mathfrak{b}^2}{\mathfrak{q}^2\mathfrak{s}^2} k \quad g = \frac{\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{q}^2\mathfrak{s}^2} l \tag{69}$$

die Gleichungen (59) aber wegen Gleichung (61):

$$\left.\begin{aligned} \frac{u\mathfrak{q}}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{q}^2} &= \frac{x}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{s}^2} \\ \frac{v\mathfrak{q}}{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{q}^2} &= \frac{y}{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{s}^2} \\ \frac{w\mathfrak{q}}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{q}^2} &= \frac{z}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{s}^2} \end{aligned}\right\} \tag{70}$$

Diese Gleichungen aber lassen sich mit Hilfe der Gleichungen (7), (62) und (69) auch in folgende Form bringen:

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2} - \frac{1}{\mathfrak{s}^2}\right) e &= \frac{m}{H} \\ \left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2} - \frac{1}{\mathfrak{s}^2}\right) f &= \frac{n}{H} \\ \left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2} - \frac{1}{\mathfrak{s}^2}\right) g &= \frac{p}{H} \end{aligned}\right\} \tag{71}$$

Vergleicht man diese Gleichungen mit den Gleichungen (7), so sieht man, dass sie in einander übergehen, wenn man für die Grössen

$$\mathfrak{a} \quad \mathfrak{b} \quad \mathfrak{c} \quad u \quad v \quad w \quad F \quad \mathfrak{q} \quad h \quad k \quad l$$

beziehungsweise setzt:

$$\frac{1}{\mathfrak{a}} \quad \frac{1}{\mathfrak{b}} \quad \frac{1}{\mathfrak{c}} \quad m \quad n \quad p \quad \frac{1}{H} \quad \frac{1}{\mathfrak{s}} \quad e \quad f \quad g.$$

Aber auch die Gleichungen (3), (5) und (6) gelten noch, wenn man in ihnen diese Vertauschung der Grössen vornimmt, wie aus

den Gleichungen (20), (60) und (67) hervorgeht. Da nun alle Resultate, die wir bisher erhielten, blos mit Hilfe der Gleichungen (7), (3), (5) und (6) abgeleitet wurden, so müssen die so erhaltenen Gleichungen auch noch richtig bleiben, wenn wir in ihnen die obige Vertauschung der Buchstaben vornehmen. Leiten wir aus diesen beiden Systemen von Gleichungen wieder neue ab, so ist ersichtlich auch in diesen die Vertauschung gestattet.

Durch diese Vertauschung der Buchstaben geht also die Richtung der Wellennormale über in die des zugehörigen Strahles, die Schwingungsrichtung in die Ergänzungslinie und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle in die reciproke Geschwindigkeit des Strahles über; da wir aber im vorhergehenden Paragraphe bewiesen haben, dass diese vier Richtungen in einer Ebene liegen, so stellt auch jetzt die durch Strahl und Ergänzungslinie gehende Ebene die Schwingungsebene vor.

Nennen wir nun das Ellipsoid

$$\frac{x^2}{\mathfrak{a}^2} + \frac{q^2}{\mathfrak{b}^2} + \frac{z^2}{\mathfrak{c}^2} = 1 \tag{72}$$

kurz das Ergänzungsellipsoid, so erhalten wir zufolge der vorhergehenden Bemerkungen über die Vertauschung der Buchstaben aus dem Satze des vorhergehenden Paragraphes sogleich den folgenden neuen Satz.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Strahles nach einer gegebenen Richtung ist gleich der Länge einer der Hauptaxen des Schnittes, welchen das Ergänzungsellipsoid mit einer auf die Richtung des Strahles senkrechten Diametralebene macht. Die durch diese Hauptaxe und den Strahl gelegte Ebene gibt die zugehörige Schwingungsrichtung; die Durchschnittslinie dieser Ebene mit einer im Endpunkte der Hauptaxe an das Ellipsoid gelegten Tangentialebene ist aber parallel der Richtung der zugehörigen Wellennormale.

Der erste Theil dieses Satzes wurde schon von Fresnel gefunden und man könnte denselben auch auf jede beliebige Oberfläche von der Form

$$(x^2 + y^2 + z^2)^i = \frac{x^2}{\mathfrak{a}^2} + \frac{y^2}{\mathfrak{b}^2} + \frac{z^2}{\mathfrak{c}^2} \tag{73}$$

ausdehnen. Setzt man in dieser Gleichung $i=2$, so erhält man

$$(x^2 + y^2 + z^2)^2 = \frac{x^2}{\mathfrak{a}^2} + \frac{y^2}{\mathfrak{b}^2} + \frac{z^2}{\mathfrak{c}^2} \tag{74}$$

welche Oberfläche sich zum Ergänzungsellipsoid eben so verhält, wie die Elasticitätsfläche zum Polarisationsellipsoid. In der That überzeugt man sich leicht davon, dass das Product zweier Radien des Ergänzungsellipsoides und der Oberfläche (74), welche gleiche Richtung haben, gleich der Einheit ist.

Um die Grösse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles als Function der Winkel, welche seine Richtung mit den Coordinaten-Axen einschliesst, auszudrücken, brauchen wir nur die Vertauschung der Buchstaben in Gleichung (8) vorzunehmen, welche hierdurch wird

$$\frac{m^2}{\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}^2}}+\frac{n^2}{\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}^2}}+\frac{p^2}{\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}^2}}=o$$

oder

$$\frac{\mathfrak{a}^2 m^2}{\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}^2}+\frac{\mathfrak{b}^2 n^2}{\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}^2}+\frac{\mathfrak{c}^2 p^2}{\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}^2}=o \tag{75}$$

Da diese Gleichung nach $\mathfrak{s}^2$ vom zweiten Grade ist, so ersieht man, dass nach einer Richtung sich im Allgemeinen zwei Strahlen fortpflanzen, ein schnellerer und ein langsamerer; wir wollen alle Grössen, die sich auf ersteren beziehen, durch einen Strich oben, alle die sich auf letzteren beziehen, durch zwei Striche bezeichnen und wir haben daher $\mathfrak{s}' > \mathfrak{s}''$.

Da durch die Vertauschung offenbar auch die Wurzeln der Gleichungen (8) und (75) in einander übergehen müssen, so hat man also zufolge der eingeführten Bezeichnung bei der Vertauschung der Buchstaben zugleich den Index $_1$ durch einen Strich oben, den Index $_2$ aber durch zwei Striche oben zu ersetzen. Dass nicht etwa das umgekehrte auszuführen ist, wird sich aus dem §. 21 noch klarer ergeben.

Aus der Gleichung (14) folgt durch die Vertauschung

$$e'e''+f'f''+g'g''=o \tag{76}$$

woraus hervorgeht, dass die Ergänzungslinien und daher auch die Schwingungsebene zweier Strahlen, welche dieselbe Richtung haben, auf einander senkrecht stehen, was auch schon von Sylvester nachgewiesen wurde.

§. 18.

Multiplicirt man die Gleichungen (75) mit $\mathfrak{s}^2$, so kann man sie zufolge der Gleichungen (60) auch so schreiben:

$$\frac{\mathfrak{a}^2 x^2}{\mathfrak{a}^2-(x^2+y^2+z^2)}+\frac{\mathfrak{b}^2 y^2}{\mathfrak{b}^2-(x^2+y^2+z^2)}+\frac{\mathfrak{c}^2 z^2}{\mathfrak{c}^2-(x^2+y^2+z^2)}=o \quad (77)$$

und wir sind somit bei einer Gleichung angelangt, aus welcher sowohl q als u, v, w eliminirt sind. Diese Gleichung stellt daher die Gleichung der Wellenfläche vor, in einer Form, in die sie zuerst Hamilton brachte. Wie man aus dem §. 2 ersieht, ist sie aus Gleichung (75) eben so abgeleitet, wie die Gleichung der Oberfläche der Wellengeschwindigkeit aus Gleichung (8). Man könnte sie daher auch Oberfläche der Strahlengeschwindigkeit nennen.

Die Gleichung der Wellenfläche liesse sich auch leicht in einer scheinbar um zwei Grade höheren Form darstellen, wenn man die Vertauschung der Buchstaben in Gleichung (13) vornimmt, man erhält so als Gleichung [1] der Wellenfläche:

$$\frac{x^2}{\mathfrak{a}^2-(x^2+y^2+z^2)}+\frac{y^2}{\mathfrak{b}^2-(x^2+y^2+z^2)}+\frac{z^2}{\mathfrak{c}^2-(x^2+y^2+z^2)}=-1 \quad (78)$$

welche Form sich leicht auf die vorhergehende bringen lässt, wenn man zu ihr die identische Gleichung

$$\frac{x^2}{x^2+y^2+z^2}+\frac{y^2}{x^2+y^2+z^2}+\frac{z^2}{x^2+y^2+z^2}=1$$

addirt und die Coëfficienten von x^2, y^2, z^2 auf ihre einfachste Form reducirt.

Schafft man aus der Gleichung (75) die Brüche fort, so nimmt die Gleichung der Wellenfläche folgende Gestalt an, in welcher Fresnel dieselbe auffand:

$$(x^2+y^2+z^2)(\mathfrak{a}^2x^2+\mathfrak{b}^2y^2+\mathfrak{c}^2z^2)-\{\mathfrak{a}^2(\mathfrak{b}^2+\mathfrak{c}^2)x^2+\mathfrak{b}^2(\mathfrak{c}^2+\mathfrak{a}^2)y^2+\mathfrak{c}^2(\mathfrak{a}^2+\mathfrak{b}^2)z^2\}+\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2=0 \quad (79)$$

Um noch eine bessere Übersicht über die geometrischen Beziehungen der verschiedenen Oberflächen, welche wir betrachtet haben, zu gewinnen, wollen wir uns der neben stehenden Figur bedienen. Es sei OQ die Richtung der Wellennormale, OS aber die

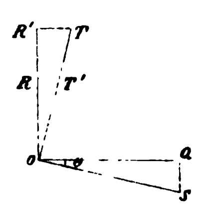
---

[1]) Man findet diese Gleichung auch direct aus den Gleichungen (70), wenn man dieselben mit x, y, z multiplicirt und addirt und dabei berücksichtigt, dass

$$\frac{ux}{\mathfrak{a}^2-\mathfrak{q}^2}+\frac{vy}{\mathfrak{b}^2-\mathfrak{q}^2}+\frac{wz}{\mathfrak{c}^2-\mathfrak{q}^2}=-\frac{1}{\mathfrak{q}}$$

ist. Die Richtigkeit dieser letzten Gleichung beweist man dadurch, dass man die Gleichungen (59) ebenfalls mit x, y, z multiplicirt und addirt und alsdann die Gleichungen (55) und (61) zu Hilfe nimmt.

Richtung des zugehörigen Strahles; die Ebene des Papiers stellt alsdann die zugehörige Schwingungsebene vor. Ist ausserdem $OQ = \mathfrak{q}$, d. h. gleich der dieser Richtung entsprechenden Wellengeschwindigkeit und ist $QS \perp OQ$, so ist Q ein Punkt der Oberfläche der Wellengeschwindigkeiten, S aber ein Punkt der Wellenfläche und OS ist gleich $\mathfrak{s}$.



Ist ferner $OR \perp OQ$, $OT \perp OS$, so ist OR die zugehörige Schwingungsrichtung und OT die Ergänzungslinie, macht man nun $OR = \frac{1}{\mathfrak{q}}$, $OT = \mathfrak{s}$, so gibt R einen Punkt des Polarisations-Ellipsoides, T aber einen Punkt des Ergänzungs-Ellipsoides. Zieht man noch $TR' \perp OR'$, $RT' \perp OT'$, so ist $OR' = \mathfrak{q}$ und R' somit ein Punkt der Elasticitätsfläche, T' aber ein Punkt der Oberfläche (74). Die vier Linien OR, OR', OT, OT' sind aber zugleich Hauptaxen der Schnitte, welche die durch diese Linien senkrecht zur Ebene der Zeichnung gelegten Ebenen mit den entsprechenden Oberflächen machen. Eine Ebene, senkrecht zur Ebene des Papiers und durch die Linie QS gehend, stellt uns die Wellenebene vor, welche im Punkte S die Wellenfläche tangirt; eine ähnliche Ebene aber, deren Trace die Linie RT, ist Tangentialebene an das Polarisations-Ellipsoid im Punkte R, da wir bewiesen haben, dass die Normale im Punkte R parallel OT ist. Durch die gestattete Vertauschung der Buchstaben geht nun hervor, dass eine Ebene, welche senkrecht zur Ebene des Papieres ist und durch die Linie $R'T$ geht, Tangentialebene an das Ergänzungs-Ellipsoid im Punkte T ist. Man sieht also, dass wenn man vom Mittelpunkte auf die Tangirungsebene an die Wellenfläche Perpendikel fällt, die Fusspunkte derselben Punkte der Oberfläche der Wellengeschwindigkeit sind, dessgleichen, dass die Fusspunkte der Normalen auf die Ebenen, welche das Ergänzungs-Ellipsoid tangiren, die Elasticitätsfläche geben, was schon von Magnus[1]) bewiesen wurde; ferner müssen auch noch die Fusspunkte der Perpendikel auf die Tangentialebene Punkte der Oberfläche (74) sein.

Aus diesen Betrachtungen ersieht man aber auch wie sich mit Hilfe der verschiedenen Oberflächen die einzelnen Punkte der Wellenfläche auf geometrische Weise construiren lassen, insbesondere ist

[1]) L. I. Magnus, Sammlung von Aufgaben und Lehrsätzen aus der analytischen Geometrie des Raumes. Erste Abtheilung. 1837.

auch die von **Plücker** angegebene Construction mit Hilfe des Ergänzungsellipsoides und der Tangentialebenen an dasselbe hierin enthalten.

§. 19.

Die Aufgabe, wenn die Geschwindigkeiten eines schnelleren und eines langsameren Strahles gegeben sind, die gemeinschaftliche Richtung desselben, die Richtungen und Geschwindigkeiten der zugehörigen Wellen, sowie die zugehörigen Schwingungsrichtungen zu bestimmen, können wir auch leicht durch die Vertauschung der Buchstaben aus den schon früher bewiesenen Gleichungen ableiten. So erhält man aus den Gleichungen (27)

$$\left.\begin{aligned}
m^2 &= -\frac{\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}\right)}{\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{a}^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{b}^2}\right)} = -\frac{\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{s}'^2\mathfrak{s}''^2}\,\frac{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}''^2)}{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)}\\
n^2 &= -\frac{\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}\right)}{\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{b}^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)} = -\frac{\mathfrak{c}^2\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{s}'^2\mathfrak{s}''^2}\,\frac{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}''^2)}{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)}\\
p^2 &= -\frac{\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}\right)}{\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{a}^2}\right)} = -\frac{\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2}{\mathfrak{s}'^2\mathfrak{s}''^2}\,\frac{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}''^2)}{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)}
\end{aligned}\right\}\quad(80)$$

Auch hier muss, damit die rechten Theile dieser Gleichungen ebenfalls positive Grössen seien, mit Rücksicht auf die Annahme $\mathfrak{a} > \mathfrak{b} > \mathfrak{c}$ und $\mathfrak{s}' > \mathfrak{s}''$ folgende Relation bestehen

$$\mathfrak{a} > \mathfrak{s}'' > \mathfrak{b} > \mathfrak{s}'' > \mathfrak{c}.$$

Die Gleichung (9) wird durch die Vertauschung

$$\left.\begin{aligned}
H^2 &= \frac{m^2}{\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}^2}\right)^2}+\frac{n^2}{\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}^2}\right)^2}+\frac{p^2}{\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}^2}\right)^2}=\\
&= \mathfrak{s}^2\left\{\frac{\mathfrak{a}^2m^2}{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}^2)^2}+\frac{\mathfrak{b}^2n^2}{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}^2)^2}+\frac{\mathfrak{c}^2p^2}{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}^2)^2}\right\}
\end{aligned}\right\}\quad(81)$$

Die Gleichungen (28) aber

$$\left.\begin{aligned}
\frac{1}{H'^2} &= \frac{\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}\right)}{\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}}=\\
&= \frac{\mathfrak{s}''^2}{\mathfrak{s}'^4}\cdot\frac{1}{\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2}\cdot\frac{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}'^2)}{\mathfrak{s}'^2-\mathfrak{s}''^2}
\end{aligned}\right\}\quad(82)$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{H'^2} &= \frac{\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}\right)\left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}\right)}{\frac{1}{\mathfrak{s}''^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}} = \\ &= \frac{\mathfrak{s}'^2}{\mathfrak{s}''^4}\cdot\frac{1}{\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2}\cdot\frac{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}''^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}''^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}''^2)}{\mathfrak{s}''^2-\mathfrak{s}'^2}\end{aligned}\right\} \quad (82)$$

und endlich die Gleichungen (29)

$$\left.\begin{aligned}
e'^2 &= -\frac{\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{s}'^2}\cdot\frac{\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}''^2}{\mathfrak{s}'^2-\mathfrak{s}''^2}\cdot\frac{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}'^2)}{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)}\\
f'^2 &= -\frac{\mathfrak{b}^2}{\mathfrak{s}'^2}\cdot\frac{\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}''^2}{\mathfrak{s}'_2-\mathfrak{s}''^2}\cdot\frac{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}'^2)}{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2)}\\
g'^2 &= -\frac{\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{s}'^2}\cdot\frac{\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}''^2}{\mathfrak{s}'^2-\mathfrak{s}''^2}\cdot\frac{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}'^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}'^2)}{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)}\\
e''^2 &= -\frac{\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{s}''^2}\cdot\frac{\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}'^2}{\mathfrak{s}''^2-\mathfrak{s}'^2}\cdot\frac{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}''^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}''^2)}{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)}\\
f''^2 &= -\frac{\mathfrak{b}^2}{\mathfrak{s}''^2}\cdot\frac{\mathfrak{b}^2-\mathfrak{s}'^2}{\mathfrak{s}''^2-\mathfrak{s}'^2}\cdot\frac{(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}''^2)(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}''^2)}{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2)}\\
g''^2 &= -\frac{\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{s}''^2}\cdot\frac{\mathfrak{c}^2-\mathfrak{s}'^2}{\mathfrak{s}''^2-\mathfrak{s}'^2}\cdot\frac{(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{s}''^2)(\mathfrak{b}_2-\mathfrak{s}''^2)}{(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2)(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2)}
\end{aligned}\right\} \quad (83)$$

Durch diese Gleichungen und die Gleichungen (63), (62) und (69) ist es nun möglich die Werthe der Grössen $\mathfrak{q}$, F, h, k, l und daher zufolge der Gleichungen (7) auch die der Grössen u, v, w zu finden, falls $\mathfrak{s}'$ und $\mathfrak{s}''$ bekannt sind.

Man könnte die Vertauschung der Buchstaben auch in den Gleichungen (30) — (34) vornehmen und so neue Relationen zwischen den eingeführten Grössen ableiten, da wir aber von diesen Gleichungen keine Anwendung machen werden, so wollen wir die Vertauschung blos in der Proportion (32) vornehmen, welche hiedurch wird

$$\begin{aligned}e'e'' : f'f'' : g'g'' &= \left(\frac{1}{\mathfrak{b}^2}-\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right) : \left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2}-\frac{1}{\mathfrak{a}^2}\right) : \left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{b}^2}\right)\\ &= \mathfrak{a}^2(\mathfrak{b}^2-\mathfrak{c}^2) : \mathfrak{b}^2(\mathfrak{c}^2-\mathfrak{a}^2) : \mathfrak{c}^2(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{b}^2)\end{aligned}$$

oder wenn man für e, f, g wieder ihre Werthe setzt und jedes Glied dieser Proportion durch das entsprechende Glied der identischen Proportion

$$\mathfrak{a}^2 : \mathfrak{b}^2 : \mathfrak{c}^2 = \mathfrak{a}^2 : \mathfrak{b}^2 : \mathfrak{c}^2$$

dividirt und noch die Proportion (32) berücksichtigt

$$\mathfrak{a}^2 h'h'' : \mathfrak{b}^2 k'k'' : \mathfrak{c}^2 l'l'' = (\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2) : (\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{a}^2) : (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2) = h_1 h_2 : k_1 k_2 : l_1 l_2 \quad (84)$$

In dieser Proportion geben $h' \ldots h'' \ldots$ die Schwingungsrichtungen irgend zweier gleichgerichteter Strahlen, dagegen $h_1 \ldots h_2 \ldots$ die Schwingungsrichtungen zweier Wellen, die dieselbe, sonst aber beliebige Richtung haben.

§. 20.

Betrachten wir den speciellen Fall $\mathfrak{s}' = \mathfrak{s}''$, so sehen wir, dass, damit in diesem Falle die rechten Theile der Gleichungen (80) positiv seien, auch $\mathfrak{s}' = \mathfrak{s}'' = \mathfrak{b}$ sein muss. Bezeichnen wir alle Grössen, wenn sie sich auf diesen speciellen Fall beziehen, mit einer Nulle oben, so werden die Gleichungen (80)

$$m^{\circ 2} = \frac{\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{b}^2} \cdot \frac{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{c}^2} \qquad n^{\circ 2} = o \qquad p^{\circ 2} = \frac{\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{b}^2} \cdot \frac{\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{c}^2} \quad (85)$$

Durch diese Gleichungen sind zwei solcher Richtungen gegeben, für welche $\mathfrak{s}' = \mathfrak{s}'' = \mathfrak{b}$ ist; dieselben liegen zufolge $n^\circ = o$ in der Ebene der grössten und kleinsten optischen Elasticitätsaxe. Man nennt diese beiden Richtungen ($\mathfrak{A}\mathfrak{A}'$, $\mathfrak{B}\mathfrak{B}'$) die secundären optischen Axen und bezeichnet wie früher diejenigen Hälften $\mathfrak{O}\mathfrak{A}$, $\mathfrak{O}\mathfrak{B}$ derselben als positiv, welche die positiven Halbaxen $\mathfrak{c}$ einschliessen. Wenn man unter m° und p° nur die positiven Werthe derselben versteht, so ist die eine optische Axe $\mathfrak{O}\mathfrak{A}$ gegeben durch m° und p°, die andere $\mathfrak{O}\mathfrak{B}$ aber durch $-m^\circ$ und p°.

Ebenso wie früher könnte man positiven Winkel ($\mathfrak{A}\mathfrak{B}$) der secundären optischen Axen denjenigen nennen, welche die beiden positiven Richtungen derselben einschliessen; negativen ($\mathfrak{A}\mathfrak{B}'$) aber das Supplement des vorigen.

Aus den Gleichungen (85) und (84) findet man leicht

$$\left.\begin{aligned} m^{\circ 2} &= -\frac{\mathfrak{c}^4}{\mathfrak{b}^4} \cdot \frac{l'l''}{k'k''} = -\frac{\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{b}^2} \frac{l_1 l_2}{k_1 k_2} \\ p^{\circ 2} &= -\frac{\mathfrak{a}^4}{\mathfrak{b}^4} \cdot \frac{h'h''}{k'k''} = -\frac{\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{b}^2} \frac{h_1 h_2}{k_1 k_2} \end{aligned}\right\} \quad (86)$$

die Vergleichung der Gleichungen dieses Paragraphen mit denen des §. 9, lehrt aber, dass

$$m^\circ = \frac{\mathfrak{c}^2}{\mathfrak{b}^2} u_o, \qquad p^\circ = \frac{\mathfrak{a}^2}{\mathfrak{b}^2} w_o \quad (87)$$

oder dass

$$\sin \frac{\mathfrak{A}\mathfrak{B}}{2} = \frac{\mathfrak{c}}{\mathfrak{b}} \sin \frac{AB}{2} \quad (88)$$

ist; und da der Annahme zufolge $\mathfrak{b} > \mathfrak{c}$, so ergibt sich hieraus, dass der positive Winkel der optischen Axén immer grösser ist als der positive Winkel der secundären optischen Axen.

Aus den Gleichungen (85) ersieht man aber auch, dass durch die Vertauschung der Buchstaben u_0 und w_0 übergehen in m^0 und p^0.

§. 21.

Macht man die Vertauschung der Buchstaben in den rechten Theilen der Gleichungen (40) und bezeichnet die Werthe, welche φ dadurch annimmt mit ψ, so hat man

$$\cos\psi = mm^\circ + pp^\circ \qquad \cos\psi' = -mm^\circ + pp^\circ \qquad (89)$$

woraus hervorgeht, dass ψ und ψ' die Winkel sind, welche der Strahl mit den secundären optischen Axen bildet. Macht man die Vertauschung nun auch in den Gleichungen (46), so werden dieselben

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}+\frac{1}{\mathfrak{s}''^2} &= \frac{1}{\mathfrak{a}^2}+\frac{1}{\mathfrak{c}^2}+\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)\cos\psi\cos\psi' = \\ &= \frac{1}{\mathfrak{a}^2\mathfrak{c}^2}\left\{\mathfrak{a}^2+\mathfrak{c}^2-(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{c}^2)\cos\psi\cos\psi'\right\}\end{aligned}\right\} \qquad (90)$$

$$\frac{1}{\mathfrak{s}'^2}-\frac{1}{\mathfrak{s}''^2} = \left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)\sin\psi\sin\psi' = -\frac{1}{\mathfrak{a}^2\mathfrak{c}^2}(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{c}^2)\sin\psi\sin\psi'$$

woraus sich wie früher durch Addition und Subtraction ergibt

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{\mathfrak{s}'^2} &= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}+\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)+\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}+\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)\cos(\psi-\psi') = \\ &= \frac{1}{2\mathfrak{a}^2\mathfrak{c}^2}\left\{\mathfrak{a}^2+\mathfrak{c}^2-(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{c}^2)\cos(\psi-\psi')\right\} \\ \frac{1}{\mathfrak{s}''^2} &= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}+\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)+\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\mathfrak{a}^2}-\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\right)\cos(\psi+\psi') = \\ &= \frac{1}{2\mathfrak{a}^2\mathfrak{c}^2}\left\{\mathfrak{a}^2+\mathfrak{c}^2-(\mathfrak{a}^2-\mathfrak{c}^2)\cos(\psi+\psi')\right\}\end{aligned}\right\} \qquad (91)$$

welche Gleichungen sich auch in folgender Form darstellen lassen

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{\mathfrak{s}'^2} &= \frac{1}{\mathfrak{a}^2}\cos\left(\frac{\psi-\psi'}{2}\right)^2+\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\sin\left(\frac{\psi-\psi'}{2}\right)^2 \\ \frac{1}{\mathfrak{s}''^2} &= \frac{1}{\mathfrak{a}^2}\cos\left(\frac{\psi+\psi'}{2}\right)^2+\frac{1}{\mathfrak{c}^2}\sin\left(\frac{\psi+\psi'}{2}\right)^2\end{aligned}\right\} \qquad (92)$$

Diese Gleichungen wurden schon von Fresnel aus seiner Theorie der Doppelbrechung abgeleitet. Derselbe sagt in Betreff der zweiten Gleichung (90): M. Biot a reconu que la loi du produit des sinus à laquelle il avait été conduit par l'analogie, se trouvait implicitement renfermée dans les formules plus compliquées que M. Brewster avait déduites de ses observations.

Betrachtet man z. B. den speciellen Fall $\varphi = \varphi' = 90°$, so überzeugt man sich leicht, dass die Gleichungen (91) oder (92), welche als die Auflösungen der Gleichung (75) zu betrachten sind, wirklich $\mathfrak{s}' > \mathfrak{s}''$ geben, wodurch es nunmehr vollkommen gerechtfertigt ist, dass wir bei der Vertauschung der Buchstaben den Index $_1$ durch einen Strich oben, den Index $_2$ aber durch zwei Striche oben ersetzten, und nicht etwa das entgegengesetzte thaten.

Auch hier gilt für einaxige Krystalle eine ähnliche Betrachtung, wie wir sie in §. 12 angestellt haben. Ist $\mathfrak{a} = \mathfrak{b}$, so wird $\psi = \psi'$ und $\mathfrak{s}' = \mathfrak{a}$, also die Geschwindigkeit des schnellern Strahles constant; ist dagegen $\mathfrak{b} = \mathfrak{c}$, so wird $\psi + \psi' = 180°$ und $\mathfrak{s}'' = c$, d. h. die Geschwindigkeit des langsameren Strahles ist alsdann constant.

Das Resultat des §. 12 gibt durch die Vertauschung der Buchstaben den Satz, dass die Ebenen, welche durch die Richtung des Strahles und die zugehörigen Ergänzungslinien gehen also die zugehörigen Schwingungsebenen, die Winkel halbiren, welche zwei durch den Strahl und die beiden secundären optischen Axen gelegte Ebenen mit einander bilden.

Dieser Satz wurde schon von Biot aus seinen Versuchen abgeleitet, zum ersten Male aber von Sylvester bewiesen.

§. 22.

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, wie man die verschiedenen Grössen, welche vorkommen, durch einander ausdrücken kann, und zwar bezog sich unsere Untersuchung auf den allgemeinen Fall, wo die beiden Werthe von $\mathfrak{q}$ und $\mathfrak{s}$, welche aus den Gleichungen (8) und (75) folgen, von einander verschieden sind; es bleiben somit noch die speciellen Fälle zu untersuchen übrig, wo die beiden Wurzeln einander gleich werden.

Betrachten wir zuerst den Fall, dass $\mathfrak{q}_1 = \mathfrak{q}_2 = \mathfrak{b}$; die Gleichungen (29) werden alsdann unbestimmt, und wir müssen uns darauf beschränken für eine beliebig angenommene Schwingungsrichtung die übrigen Grössen zu ermitteln. Um die Schwingungsrichtung zu fixiren, wollen wir den Winkel benützen, welchen die Schwingungsebene mit der Ebene der optischen Axen macht; den Cosinus dieses Winkels haben wir im §. 4 mit r bezeichnet. Die Gleichungen (17) geben nun in diesem speciellen Falle

$$r_0 = l_0 u_0 - h_0 w_0$$

Zufolge der Gleichungen (7) und (35) findet man nun successive, da $\mathfrak{q} = \mathfrak{b}$ ist,

$$r_o = u_o w_o F_o \left(\frac{1}{\mathfrak{c}^2 - \mathfrak{b}^2} - \frac{1}{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2}\right) = - u_o w_o F_o \frac{\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{c}^2}{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)}$$

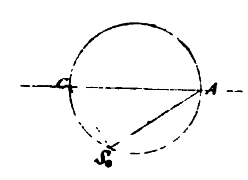
$$= - \frac{F_o}{\sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)}}$$

oder

$$F_o = - r_o \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)} \tag{93}$$

Die Gleichung (61) wird daher

$$\mathfrak{s}_o^2 = \frac{r_o^2}{\mathfrak{b}^2} (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2) + \mathfrak{b}^2 \tag{94}$$



Es stelle nun die Ebene des Papieres die Wellenebene vor, welche senkrecht zu der einen optischen Axe OA sei; CA sei die Trace der Ebene der optischen Axen und A der Endpunkt der einen derselben. Ist ferner S_0 der Fusspunkt des Strahles, welcher zu der durch $r_0 = \cos CAS_0$ gegebenen Schwingungsebene gehört, so ist AS_0 die eine Kathete eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen andere Kathete $\mathfrak{q} = \mathfrak{b}$ und dessen Hypothenuse $\mathfrak{s}_0$ ist. Man hat daher zufolge Gleichung (94)

$$AS_o = \sqrt{\mathfrak{s}_o^2 - \mathfrak{b}^2} = \frac{r_o}{\mathfrak{b}} \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)}$$

für den Punkt C ist aber $r_0 = 1$, folglich ist

$$AC = \frac{1}{\mathfrak{b}} \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)} \tag{95}$$

In dem Dreiecke ACS_0 hat man nun zufolge dieser Gleichungen

$$\overline{CS}_o^2 = \overline{AC}^2 + \overline{AS}_o^2 - 2\overline{AC}.\overline{AS}_o r_o = \frac{1 - r_o^2}{\mathfrak{b}^2} (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)$$

$$= \overline{AC}^2 - \overline{AS}_o^2$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass der Winkel $AS_0C = 90°$ ist, und dass daher die Curve, welche die Fusspunkte der zu verschieden $\mathfrak{q}_0$ gehörigen Strahlen beschreiben, ein Kreis ist, der die Linie AC zum Durchmesser hat.

Man ersieht auch, dass die Richtung der zugehörigen Strahlen selbst einen Kegel bilden, dessen eine Seite parallel durch die optische Axe geht und dessen Durchschnitt mit einer auf dieser Axe senkrechten Ebene ein Kreis ist. Die Öffnung δ_o dieses Kegels ergibt sich aus der Gleichung

$$\tan \delta_o = \frac{AC}{AO} = \frac{1}{\mathfrak{b}^2} \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)} \tag{96}$$

Der hiemit abgehandelte specielle Fall gibt bekanntlich beim Durchgange des Lichtes durch einen zweiaxigen Krystall zu dem Phänomen der inneren konischen Refraction Anlass.

§. 23.

Um noch auch den zweiten speciellen Fall zu erledigen, haben wir blos in den Gleichungen des vorhergehenden Paragraphes die Vertauschung der Buchstaben vorzunehmen. Wir erhalten alsdann $\mathfrak{s}' = \mathfrak{s}'' = \mathfrak{b}$ und wenn wir den Werth von r jetzt mit r^o bezeichnen,

$$r^o = e^o m^o - f^o p^o.$$

Man sieht hieraus, dass r^o der Cosinus des Winkels ist, welchen die zugehörige Schwingungsebene mit der Ebene der optischen Axen macht. Die Gleichungen (93) und (94) werden nun durch die Vertauschung

$$\frac{1}{H^o} = - \frac{r^o}{\mathfrak{a}\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}} \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)} \tag{97}$$

$$\frac{1}{q^{o2}} = \frac{r^{o2}}{\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2} (\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2) + \frac{1}{\mathfrak{b}^2} \tag{98}$$

Das folgende des vorhergehenden Paragraphes gibt aber durch die Vertauschung den Satz, dass in diesem speciellen Falle die zu den verschiedenen Schwingungsrichtungen gehörigen Wellennormalen einen Kegel bilden, welcher durch die scheinbare optische Axe geht und welcher mit einer Ebene die senkrecht zu dieser Axe ist, einen Kreis zur Durchschnittslinie gibt. Der Durchmesser dieses Kreises ist

$$\mathfrak{A}\mathfrak{C} = \frac{\mathfrak{b}}{\mathfrak{a}\mathfrak{c}} \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)} \tag{99}$$

für die Öffnung δ^o des Kegels aber hat man

$$\tan \delta^o = \frac{1}{\mathfrak{a}\mathfrak{c}} \sqrt{(\mathfrak{a}^2 - \mathfrak{b}^2)(\mathfrak{b}^2 - \mathfrak{c}^2)} \tag{100}$$

Dieser Satz, welcher sich auf das Phänomen der äussern konischen Refraction bezieht, und der des vorhergehenden Paragraphen wurden zuerst von Hamilton theoretisch abgeleitet; Lloyd [1]) aber zeigte hierauf durch Versuche ihre Übereinstimmung mit der Beobachtung.

---

[1]) Lloyd, On the Phenomena presented by Light in its passage along the Axes of biaxial Crystals. Tr. of the R. Irish. Ac. XVII (1837), part I, pag. 145.

§. 24.

Nennt man ε den Winkel zwischen einer optischen Axe und der nächsten secundären optischen Axe, so hat man

$$\cos\varepsilon = m^\circ u_\circ + p^\circ w_\circ = \frac{c}{b}\cdot\frac{a^2-b^2}{a^2-c^2} + \frac{a}{b}\cdot\frac{b^2-c^2}{a^2-c^2} = \frac{b^2+ac}{b(a+c)}$$

und folglich

$$\sin\varepsilon = \sqrt{1-\frac{(b^2+ac)^2}{b^2(a+c)^2}} = \frac{\sqrt{(a^2-b^2)(b^2-c^2)}}{b(a+c)}$$

Durch Division dieser beiden Gleichungen findet man leicht

$$\tan\varepsilon = \frac{\sqrt{(a^2-b^2)(b^2-c^2)}}{b^2+ac} \tag{101}$$

Aus dieser Gleichung und den Gleichungen (96) und (100) ergibt sich aber

$$\frac{1}{\tan\varepsilon} = \frac{1}{\tan\delta_\circ} + \frac{1}{\tan\delta^\circ}$$

oder

$$\cot\varepsilon = \cot\delta_\circ + \cot\delta^\circ \tag{102}$$

Über die neuesten Entdeckungen durch die Spectralanalyse.

Vom Prof. J. Redtenbacher.

(Mitgetheilt im Namen der Herren Bunsen und Kirchhoff.)

Bunsen und Kirchhoff haben laut früheren Publicationen Pogg. Ann. Bd. CX, S. 161 ein neues viertes Alkalimetall, das Cäsium, gefunden, hiezu fügten sie durch ihre neuesten Entdeckungen ein fünftes, das Rubidium.

Rubidium ist ein neben Cäsium zwar in spärlicher Menge aber ziemlich häufig verbreitetes Alkalimetall.

Der Lepidolith von Rozena in Mähren enthält gegen 0·2 Proc. Rubidiumoxyd neben Spuren von Cäsiumoxyd, dasselbe Mineral von anderen Fundarten enthält ebenfalls mehr oder weniger grosse Mengen beider Metalle. Fast alle Mutterlaugen der Solen sind verhältnissmässig reich daran, so weit sie dieselben untersuchten.

Rubidium ist ein bei gewöhnlicher Temperatur das Wasser mit Heftigkeit zersetzendes Metall, elektropositiver als Kalium, sein Äquivalent ist = 85·36 (H = 1), also mehr als doppelt so gross als das des Kaliums. Das Rubidiumoxydhydrat RbO, HO ist so ätzend wie Kali, das einfach kohlensauere Salz RbO, CO_2 so alkalisch und zerfliesslich wie Pottasche, das zweifach kohlensaure Salz RbO, CO_2 + CO_2, HO ist luftbeständig und nur wenig alkalisch. Das salpetersauere Salz ist wasserfrei, krystallisirt nicht wie Salpeter im prismatischen sondern im rhomboëdrischen System und ist durch ein Rhomboëder anderer Ordnung mit dem salpetersauren Natron isomorph.

RbO, SO_3, dann RbO. SO_3 + Al_2 O_3. 3 SO_3 + 24 aq. und RbO. SO_3 + CoO, SO^3 + 6aq. sind mit den entsprechenden Kalisalzen isomorph.

Die Löslichkeit der Rubidiumsalze ist sehr verschieden von der der Kalisalze und Cäsiumsalze, obgleich beide dieselben Reactionen geben.

1000 Theile kochendes Wasser lösen von den Chlorplatindoppelsalzen

des Kaliums 49·4 Theile,
„ Rubidiums 6·4 „
„ Cäsiums 3·6 „ .

Das Spectrum des Rubidiums ist sehr merkwürdig. Es besitzt eine prachtvoll blaue Doppellinie Rubidium α, β an der Stelle der gegen das violete Ende des Spectrums gelegenen secundären Linie der Fraunhofer'schen Linie *G*. Ausser dieser blauen Doppellinie besitzt das Rubidium noch eine sehr starke rothe Linie, welche noch jenseits der Fraunhofer'schen Linie *A* liegt, nach welcher Bunsen und Kirchhoff das Metall benannten [1]).

Bei Beobachtung des Spectrums des Rubidiums ist noch folgendes zu bemerken.

Unter den von Bunsen und Kirchhoff publicirten Spectren der Alkalien und alkalischen Erden ist in dem Spectrum des Calciums eine von ihnen zwar beobachtete, aber weil zur Erkennung nicht wichtige, daher in das Spectrum des Calciums Pogg. Ann. Bd. CX nicht aufgenommene blaue Linie, welche gegen die grüne Seite des Spectrums zu dicht an der blauen Rubidiumdoppellinie α, β von selber aber noch durch einen kleinen Zwischenraum getrennt erscheint. Je reiner und je flüchtiger die Calciumverbindung ist und je höher die Flammentemperatur, um so intensiver ist diese blaue Calciumlinie zu sehen. Wenn daher die alkalischen Erden von den Alkalien nicht vollkommen getrennt sind, so könnte man bei der Untersuchung des Spectrums leicht Rubidium gefunden zu haben glauben, wo einfach nur Calcium jene einfache blaue Linie gab.

Referent kann dies durch eigene Beobachtung bestätigen.

Bunsen und Kirchhoff haben die Untersuchung über das Metall Cäsium und seine Hauptverbindungen nun ebenfalls beendet.

Das Cäsium zersetzt ebenfalls wie Kalium sehr rasch das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und ist noch elektropositiver als Rubidium, so dass das Kalium nicht mehr als der elektropositivste

---

[1]) Von rubidus, welches nach Aulus Gellius das äusserste Dunkelroth bezeichnet.

Körper gilt, sondern in der elektrischen Spannungsreihe die dritte Stelle einnimmt. Das Atom des Cäsiums ist nächst dem des Goldes und Jods das grösste von allen Elementen, es beträgt 123·4 (H = 1) und dies Metall mit dem ungeheuren Atomgewichte bildet ein Oxyd so kaustisch wie Kali, sein zerfliessliches kohlensaures Salz reagirt so alkalisch wie Pottasche, ist aber sehr leicht in absolutem Alkohol löslich.

Die Salze des Cäsiums sind von denen des Kaliums und Rubidiums, was die Löslichkeit betrifft, sehr verschieden, sonst aber den Salzen der letzten beiden Metalle durchaus analog und grösstentheils isomorph.

Die Niederschläge, welche Cäsiumoxydverbindungen geben, sind ganz dieselben wie die des Kalium- und Rubidium-Oxydes.

Vierzigtausend Kilogramme oder etwa 708 österreichische Eimer Dürkheimer Wasser haben ungefähr 6 Gramm Chlorcäsium, das ist den siebenmillionsten Theil gegeben.

Beiträge zur Lehre vom Sehen der dritten Dimension.

Von

Dr. Otto Becker und **Dr. Alexander Rollett.**

(Mit 2 Tafeln.)

Erste Abtheilung.

Beide hatten wir im verflossenen Winter Arbeiten unternommen, welche nicht unwesentliche Berührungspunkte darboten. Wir bemerkten bald, dass es unseren Zwecken sehr entsprechen würde, wenn wir uns zu gemeinsamen Arbeiten verbänden.

Die Ausführung dieses Entschlusses hatte zur Folge, dass wir in der vorliegenden Abhandlung, deren erster Abschnitt von dem Letzteren, deren zweiter und dritter Abschnitt von dem Ersteren der oben genannten Verfasser bearbeitet wurde, eine Reihe von Versuchen und Beobachtungen unter Einem der Öffentlichkeit übergeben.

Wir mussten diese Form um so mehr wählen, da wirklich die Beobachtungen stets beiderseitig controlirt wurden und wir gegenwärtig mit einer vollständig gemeinsamen Arbeit beschäftigt sind, welche als zweite Abtheilung dieser Beiträge nächstens bekannt gemacht werden soll.

Wir werden später oft Gelegenheit haben auf die Eigenschaften unserer Augen zu verweisen und wollen daher gleich in vorhinein das Wesentlichste darüber angeben.

Bei **Becker** sind beide Augen vollkommen gleich beschaffen. Der Abstand der Augenmittelpunkte beträgt 68 Millim. Sein Nahepunkt liegt 126 Millim. vor dem Hornhautscheitel, sein Fernpunkt 1.857 Meter. Ein Concavglas von 1857 Millim. Brennweite verbessert ihm die Deutlichkeit entfernter Objecte ohne sie zu verkleinern. Bei

Rollett sind gleichfalls beide Augen vollkommen gleich beschaffen, der Abstand seiner Augenmittelpunkte beträgt 63 Millim. Sein Nahepunkt liegt 94 Millim. vor dem Hornhautscheitel, sein Fernpunkt ∞.

Der Erstere besitzt also sehr schwach kurzsichtige, der Letztere normalsichtige Augen.

I. Die Ortsbestimmung durch den Convergenzwinkel der Sehlinien.

Wenn wir irgend einen Körper der uns umgebenden Aussenwelt in die Augen fassen, so schreiben wir ihm alsbald eine bestimmte Farbe und Helligkeit, eine bestimmte Höhe, Breite und Tiefe und eine bestimmte Entfernung vor uns im sichtbaren Raume zu.

Schnell und mit dem Anschein der unmittelbaren Empfindung haben wir einen Act des Erkennens vollzogen. Die Physiologie lehrt uns aber, dass jeder solche Act abhängig ist von einer Reihe innig mit einander verschmelzender Urtheile, die ihrerseits wieder durch eine Reihe von Empfindungsvorgängen bestimmt werden.

Zunächst und in erster Reihe wird unser Urtheil durch die Erregungszustände des *N. Opticus* bedingt, es ist aber eben so auch abhängig von dem Zustande der sensiblen Nerven unserer Augen, ihrer Binnenmuskeln und ihres äusseren Bewegungsapparates.

Ich hebe das letztere Moment hier heraus, um den Gegenstand dieser Abhandlung in Angriff zu nehmen.

Man pflegt sich kurz darüber auszudrücken, indem man sagt: das Urtheil über die Grösse und Tiefendistanz der gesehenen Gegenstände ist wesentlich mit bedingt durch den Werth des Convergenzwinkels der Sehlinien, unter welchem wir sie beschauen.

Der Convergenzwinkel dient uns hier als das leicht verständliche Symbol für wenig bekannte innere Veränderungen, die mit der wechselnden Stellung unserer Augen sich verknüpfen.

Kürzlich habe ich eine Reihe hier einschlägiger Versuche [1]) mitgetheilt, welche mit planparallelen Glasplatten angestellt wurden und aus welchen unter Anderen eine experimentelle Bestätigung der für das binoculäre Sehen wichtigen Thatsache, dass wir den scheinbaren Ort sich deckender Doppelbilder in den Kreuzungspunkt der Sehlinien verlegen, hergeleitet werden konnte. Über diese

---

[1]) Sitzb. der mathem.-naturw. Classe. Bd. XXXII, p. 488.

eben angezogene Thatsache werden wir zu sehr umfassenden und tief gehenden Belehrungen gelangen, wenn wir den Blick auf die uns umgebenden Körper mit wenigen höchst einfachen Versuchen verknüpfen.

Es soll eine kleine Vorrichtung Fig. 1 dazu dienen. Sie besteht aus zwei beiläufig 50 Centim. langen Fäden (Darmsaiten von 1 Millim. Durchmesser). An ihren Enden sind sie mit einander verknüpft und tragen daselbst je einen Haken aus Stahl; der obere dient zum Aufhängen des Apparates, der untere trägt ein spannendes Gewicht. Die Fäden werden aus einander gehalten durch oblonge Stücke aus Holz oder sehr fester Pappe. In diesen Stegen befinden sich in bestimmter Entfernung von einander kleine Löcher, durch welche je einer der Fäden läuft. Wir unterscheiden von unten nach oben fortschreitend vier solcher Stege *A*, *B*, *C* und *D*. *A*, *B* und *D* bewirken, wenn sie, während der Apparat lothrecht herunterhängt, sich in horizontaler Lage befinden, einen Abstand der Fäden von 55 Millim., während *C* unter gleichen Umständen einen Abstand von 95 Millim. bedingt. Alle Stege sind längs der Fäden frei verschiebbar. Auf einer zwischen *A* und *B* befindlichen Strecke werden die Fäden einander parallel liegen; schiebe ich *B* herunter bis zur Berührung von *A*, so werden die Fäden zwischen *B* und *C* nach unten convergiren; der entgegengesetzte Fall, eine Convergenz nach oben, wird eintreten, wenn ich auch noch *C* so weit als möglich gegen *B* herunterschiebe. Die Nothwendigkeit dieser Einrichtung wird sich aus dem folgenden leicht ergeben.

1. Der Versuch mit dem wandernden Faden.

A. Der entgegengesetzt wandernde Faden.

Ich stelle mich 60 Centim. von meinem Apparat entfernt auf. Die Fäden sollen parallel zwischen *A* und *B* verlaufen und etwa in ihrer Mitte von der horizontalen Visirebene geschnitten werden; dann erzeuge ich mir, indem ich die Sehlinien für einen jenseits der Fäden liegenden Punkt so einstelle, dass in beiden Augen auf den verticalen Meridianen das Bild je eines der Fäden entworfen wird, ein Sammelbild aus den zwei Fäden. Das letztere wird, vorausgesetzt dass wir unabhängig von der Augenstellung accommodiren können, ganz denselben Eindruck hervorbringen, wie ein reeller durch den Fixationspunkt laufender Faden und wird in der Mitte zwischen zwei

anderen Fäden zu liegen scheinen, von welchen der linke dem rechten, der rechte dem linken Auge angehört, die sich also verhalten wie ungleichseitige Doppelbilder, wovon man sich sofort durch abwechselndes Schliessen und Öffnen des einen oder des andern Auges überzeugt. Durch Fig. 2 wird der ganze Sachverhalt veranschaulicht, *a* und *b* sind die Durchschnitte der Fäden, *d* und *d'* die Richtungslinien der Doppelbilder, und es ist dieser Versuch kein anderer, als der, welchen Fechner in seiner Abhandlung über binoculäres Sehen den Versuch mit den drei Bildern nennt. Er gelingt ziemlich leicht und kann mit geringer Mühe vollkommen erlernt werden.

Es soll nun das mit *F* bezeichnete Sammelbild in Beziehung auf seine Örtlichkeit untersucht werden. Dabei befinden wir uns im Freien, in einer offenen Landschaft, und haben bereits einen für unsere Zwecke passenden Standpunkt ausgekundschaftet. Wir stehen also mit unserem Apparate auf einem Plateau und haben in einer Entfernung von etwa zehn Schritten vor uns beginnend und von da in's Weite laufend eine Gruppe entblätterter oder wenig belaubter Bäume über deren Zweige und Wipfel wir hinsehen. Der Faden steht in diesem Falle bei Beginn des Versuches ganz deutlich vor den Bäumen. Jetzt bewegen wir uns aber das Sammelbild festhaltend allmählich rücklings in gerader Richtung weiter und entfernen uns so immer weiter von unserem Apparat. Dabei beobachten wir die merkwürdige Erscheinung eines raschen Wanderns des Faden. Und zwar entfernt sich derselbe von seinem ursprünglichen Ort immer weiter und weiter und streicht durch und über die Wipfel und Zweige der Bäume hin, und wir können, indem wir sehr allmählich oder absatzweise rückwärts schreiten, den Faden mit allen beliebigen hinter einander liegenden Zweigen oder Wipfeln zur Deckung bringen, d. h. bei scharfer Fixation mit diesen zugleich einfach sehen. Wir können ihn durch Feststellung unseres Körpers und Kopfes an einer bestimmten Stelle festhalten oder auch durch geringes Vor- oder Rückwärtsschreiten wieder entsprechend herbei oder in die Ferne wandern lassen. Absichtlich habe ich dieses Phänomen zuerst so beschrieben, wie man es in der freien Landschaft ohne Störung des ganzen Effectes durch einen undurchsichtigen, beschränkenden und psychische Compensationen herausfordernden Hintergrund, also unter den günstigsten Bedingungen wahrnehmen kann.

Begreiflicher Weise gelingt der Versuch im Laboratorium eben so gut, wenn man z. B. vom Fenster aus die Übersicht über einen grösseren freien Garten geniesst und überdies Spielraum genug für die Excursionen seines Körpers hat. Jeder welcher den Versuch nachmachen will, wird sich leicht die passende Localität und Aussicht selber wählen können, wenn er einmal weiss, worauf es hauptsächlich ankommt, und dafür glaube ich durch meine obige Darstellung am besten gesorgt zu haben.

Es frägt sich wie die Erscheinung des wandernden Faden zu erklären sei?

Dazu müssen wir uns noch einmal die Anordnung des Versuches vergegenwärtigen.

Wir haben in bestimmter Entfernung cC, Fig. 2, vom Mittelpunkte der Grundlinie C zwei parallele Fäden ausgespannt; in a und b sind ihre Durchschnitte sichtbar. Die Entfernung derselben ab beträgt 55 Millim. und ist kleiner als die Länge der Grundlinie LR, welche bei mir nach der Listing'schen Methode gemessen 63·5 Millim., bei Becker 68 Millim. beträgt. Das Sammelbild erscheint in F unter dem Convergenzwinkel φ und darnach weisen wir ihm seinen Ort im Raume an.

Die Grösse dieses Convergenzwinkels ändert sich aber, alles Übrige gleichgesetzt, mit der Entfernung des Mittelpunktes der Grundlinie von der Ebene der Fäden.

Wir haben

$$cF = \frac{ac \times cC}{LC - ac} \text{ und}$$

$$\operatorname{tang} \frac{\varphi}{2} = \frac{LC - ac}{cC}.$$

und ersehen hieraus, dass der Werth von φ kleiner wird, wenn die Entfernung cC grösser wird, dass er, wenn $cC = \infty$ wird, Null ist.

Ein solches Wachsen von cC bringen wir aber durch unser Rückwärtsschreiten factisch zu Stande. Der Convergenzwinkel, unter welchem unser Sammelbild erscheint, wird immer kleiner, das Sammelbild rückt immer weiter und weiter in die Ferne und zwar in Excursionen, die um Vieles grösser sind, als die Scheinbewegungen

eines unserem Sammelbilde an seinem Ausgangspunkte substituirten reellen Fadens wären, wenn wir die bei unserem Rückwärtsschreiten statthabende Dislocation CC^1 nicht sowohl auf unseren Körper, sondern auf den Faden beziehen würden. Wie sich leicht ergibt, ist $< L'FC$ um $< FL'F'$ grösser als $< L'F'C$. Der Convergenzwinkel nimmt also für das Sammelbild in grösserem Verhältnisse ab, als für die vom Sammelbild gedeckten Gegenstände, und darum erscheint es uns als ein über die anderen Gegenstände hin in die Ferne wandernder Faden.

Wir wollen nun aus

$$\text{tang}\,\frac{\varphi}{2} = \frac{LC - ac}{Cc}$$

noch einige Folgerungen ziehen, indem wir uns auch ac variabel denken.

Dann haben wir in Beziehung darauf 3 Fälle zu unterscheiden $ac < LC$ wie oben oder $ac = LC$ oder $ac > LC$.

In dem einen der zwei letzten Fälle wird $\varphi = o$, in dem andern bekommt es ein entgegengesetztes Vorzeichen, d. h. die Sehlinien stehen parallel oder sie divergiren unter einem bestimmten Winkel.

Im ersteren Falle wird der Faden in der unendlichen Entfernung gesehen, über den Ort des Fadens im letzteren Falle lässt sich *a priori* gar nichts sagen, darüber kann nur der Versuch entscheiden.

Die Bedingungen eines guten Versuches lassen sich aber in beiden Fällen mit parallelen Fäden nur sehr schwer oder gar nicht herstellen.

Ich habe mich daher etwas anders eingerichtet, will jedoch diesen Gegenstand erst in einem späteren Abschnitte wieder aufnehmen und jetzt übergehen:

B. Zu dem mitwandernden Faden.

Wie früher stellen wir uns auch jetzt vor die Fäden hin und zwar in unserem gewöhnlichen Arbeitszimmer, da bei diesem Versuche nur geringe Distanzen in Betracht kommen und die passende Aufstellung von Nebenvorrichtungen nothwendig wird.

Die Entfernung unserer Augen von dem Apparat betrage 80 Cm. Zwischen unsere Augen und den Apparat setzen wir eine Korkplatte auf passender Unterlage und stecken lothrecht darauf eine Reihe von Stricknadeln in Intervallen von etwa 7 Cm. Die Nadeln stehen in

einer geraden Linie hinter einander, welche genau in der Mitte zwischen den Fäden unseres Apparates hindurchläuft und auf der Ebene der Fäden senkrecht steht. Der Abstand der vorderst en Nadel von den Fäden betrage 45 Cm.

Nun erzeugen wir uns wieder ein Sammelbild aus den zwei Fäden, aber dadurch, dass wir auf einen uns näher gelegenen Punkt die Sehlinien einstellen. Das so erzeugte Sammelbild liegt dann in der Mitte zwischen zwei gleichseitigen Doppelbildern. Hierauf bewegen wir uns wieder, das Sammelbild festhaltend, rücklings in gerader Linie weiter.

Der Faden beginnt dann, wie beim früheren Versuche, eine Wanderung, indem er, während wir allmählich nach rückwärts weichen, zuerst die dem Apparat zunächst stehende Nadel deckt, dann über diese hinaus geht und in die Verlängerung der zweiten fällt, endlich in die der dritten u. s. w.

Wir können ihn wieder durch Feststellung unseres Körpers und Kopfes an einer bestimmten Stelle festhalten oder, indem wir rückwärts und dann wieder vorwärts schreiten, über den Nadeln verschieben; kurz der Faden wandert wie im ersten Versuch aber im gleichen Sinne mit unserem Körper und nicht entgegengesetzt wie im ersteren Falle.

Zur Erklärung dieses zweiten Versuches habe ich Fig. 3 entworfen. Man wird deren Bedeutung leicht erfassen, wenn man sie mit Fig. 2 vergleicht.

Jetzt haben wir aber:

$$cF = \frac{ac \times cC}{LC + ac} \quad \text{und}$$

$$\operatorname{tang} \frac{\varphi}{2} = \frac{LC + ac}{Cc}$$

Auch hier wird also der Winkel φ kleiner, wenn Cc wächst. Auch hier bringen wir ein solches Wachsen durch unser Rückwärtsschreiten zu Stande. Das Sammelbild liegt um so weiter von uns ab, je weiter wir uns zurück begeben. Aber die Ortsveränderung, welche es vermöge der Änderung des Convergenzwinkels erleidet, ist nicht so gross als die Scheinbewegung eines dem Sammelbilde in seiner ersten Lage substituirten reellen Fadens wäre, wenn wir die stattfindende Dislocation CC^1 wiederum nicht auf unsern Körper, sondern auf den Faden bezögen.

Es ist $< L'FC'$ um $< FLF'$ kleiner als $< LF'C$.

Der Convergenzwinkel nimmt also für das Sammelbild in geringerem Verhältnisse ab als für die vom Sammelbild gedeckten Gegenstände.

Darum scheint es wieder über die anderen Gegenstände hinzuwandern, aber jetzt in gleichem Sinne mit unserem Körper.

Man kann sich nun wieder in der obigen Gleichung so wohl *Cc* als auch *ac* innerhalb der möglichen Grenzen variabel denken. Ich überlasse es aber jedem selbst die theoretisch nicht uninteressanten Folgerungen hieraus zu ziehen; mir kam es nur darauf an zu zeigen, wie sich die beiden beschriebenen Versuche im vollsten Einklang mit einander befinden, und wie sich daraus die umfassendste Bestätigung der Lehre von der Ortsbestimmung durch den Convergenzwinkel ergibt. Es muss ferner schon hier hervorgehoben werden, dass die beschriebenen Versuche einen neuen Beleg liefern für die Feinheit unseres Vermögens wenig differente Lagen der Sehlinien von einander zu unterscheiden. Klarer wird diese Thatsache noch hervorgehen aus später anzuführenden Zahlenbelegen für die bei diesen Versuchen in Betracht kommenden Convergenzwinkel und ihre Unterschiede.

2. Der Versuch mit dem geneigten Faden.

Ich nehme hier die am Schlusse von 1. *A* abgebrochene Untersuchung wieder auf.

Wieder befinden wir uns vorerst mit dem Apparate Fig. 1 in der weithin offenen Landschaft. Jetzt haben wir aber den Steg *B* bis zur Berührung von *A* herunter geschoben. Und nun erzeugen wir uns wieder, in einer bestimmten Entfernung, 1 Meter vor dem Apparat stehend, ein von zwei verkehrtseitigen Doppelbildern begleitetes Sammelbild der zwei Fäden, indem wir die einzelnen Punkte derselben durch passende Einstellung der Augen zur Deckung bringen.

Von *B* nach aufwärts bis zu einer dem Abstand der Drehpunkte unserer Augen gleichkommenden Fadendistanz wird dies durch Convergenz hinter den Fäden geschehen, Punkte der Fäden, deren Abstand gleich ist der Länge der Grundlinie, werden sich decken, wenn wir die Sehlinien parallel stellen; Punkte, deren Entfernung grösser ist als der Abstand der Drehpunkte, werden sich aber nur dann decken, wenn wir im Stande sind mit den Sehlinien zu divergiren.

Nach vielfachen Übungen, deren Methoden und Resultate später beschrieben werden sollen, haben Becker uud ich uns diese Fähigkeit erworben. Und zwar besitzt sie der Letztere in ausgezeichnet hohem Grade. Für die oben angenommene grösste Fadendistanz 95 Milim. ist es uns bei einer Entfernung von 1 Meter von dem Apparate beiden gleich leicht möglich. Unser Sammelbild erscheint uns, wie dies den bekannteu stereoskopischen Thatsachen gemäss der Fall sein muss, als eine schiefe Linie von vorne und oben nach hinten und unten dem Beobachter zugeneigt.

Wir wollen jetzt deren Lage in der Landschaft, d. h. die Örtlichkeit ihrer einzelnen Punkte näher untersuchen.

Wir bemerken sehr bald, dass wir durch eine passende Verschiebung des Kopfes nach auf- oder abwärts je einen Punkt unserer schiefen Linie mit irgend einem hervorragenden Punkte der Landschaft, mit Baumwipfeln, mit dem freien Ende von Telegraphenstangen, mit dem Giebel oder First von Dächern, mit Schornsteinen, entfernten Kirchthürmen, Bergeskuppen oder den Wolken zur Deckung bringen können.

Die schiefe Linie macht uns dann vollkommen den Eindruck eines von dem Beobachter bis zu jener Spitze hin gespannten Seiles, welches jedoch über diesen seinen Stützpunkt in gerader Richtung immer weiter in die Ferne läuft. Ehe ich weiter gehe, muss ich anführen, dass ich bei Wheatstone (Pogg. Ann. I. Supl. Band p. 19) eine hierher gehörige Beobachtung von Smith citirt finde. Es heisst: „Dr. Smith befand sich in einem Falle einer mit zwei Augen gesehenen Perspective sehr in Verlegenheit ohne ihn erklären zu können. Er hielt einen geöffneten und bei dem Kopfe gefassten Zirkel so vor die Augen, dass die Spitzen desselben gleichweit von den Augen entfernt und nach aussen gerichtet sich etwas höher befanden als der Zirkelkopf; indem er nun nach einem entfernten Gegenstand sah, erschien ihm der Zirkel doppelt. Er drückte nun die Schenkel des Zirkels so weit zusammen, dass sich die beiden inneren Spitzen vereinigten, wobei sich die beiden inneren Schenkel ebenfalls vereinigten und den von den äusseren Schenkeln gebildeten Winkel durchschnitten, und jetzt beobachtete er die vereinigten inneren Schenkel nicht nur dicker und länger als vorher, sondern sie erstreckten sich sogar von der Hand bis zu einem in der weitesten Ferne gesehenen Gegenstande. Die Erklärung, welche

Dr. Smith darüber gibt, bezieht sich nur auf das Zusammenfallen der Zirkelspitzen, aber nicht auf das der ganzen Schenkel. Der Effect ist am deutlichsten, wenn man das Experiment mit zwei geraden Stücken Drath von ungefähr 1 Fuss Länge anstellt." Und weiter heisst es daselbst: „Eine ähnliche Beobachtung machte Dr. Wells mit zwei flachen Linealen und später mit seidenen Fäden; sie erschien ihm aber durch alle schon vorhandenen Theorien so unerklärlich, dass er sich veranlasst fühlte, eine neue Theorie über die Richtung des Sehens vorzuschlagen, welche sie erklären sollte". Leider konnte ich mir die Abhandlung von Dr. Wells nicht verschaffen.

Bei unserem Versuche kann man nach einander durch zweckmässige Verstellung des Apparates und des eigenen Kopfes das beschriebene scheinbare Seil bald an diese, bald an jene Spitze anheften oder es in einer bestimmten Lage festhalten.

Während dies der eine Beobachter thut, kann ein Anderer dicht an den Fäden des Apparates von oben her einen schwarzen undurchsichtigen Schirm successive so weit vorschieben, bis er gerade vor dem sich mit der entfernten Spitze deckenden Punkt der Fäden angelangt ist, wobei er sich nach einem von dem ersten Beobachter gegebenen Zeichen zu richten hat.

Heftet man das Seil nach einander einmal an einem sehr nahe gelegenen Punkt, dann wieder an einem in beträchtlicher Entfernung liegenden an und misst den Abstand der Fadenpunkte, bis zu welchen der undurchsichtige Schirm in beiden Fällen vorgeschoben werden kann, so bemerkt man, dass der Abstand im ersteren Falle ein geringerer ist, als im letzteren, d. h. die einander und den in die Augen gefassten Gegenstand deckenden Punkte der Fäden liegen im ersteren Falle näher an *B*, als im letzteren. Diese Differenz beträgt aber für sehr grosse Unterschiede in der Tiefendistanz einen unbedeutenden Bruchtheil der Länge unserer Fäden.

Alle bis jetzt angeführten Beobachtungen erklären sich ganz auf dieselbe Weise, wie die früheren Versuche durch die Thatsache, dass wir zwei unter demselben Convergenzwinkel erscheinende Sammelbilder immer an denselben Ort verlegen.

Es wird vielleicht in Manchem, der diese Versuche wiederholt, der Gedanke rege werden, man könne auf die beschriebenen Versuche hin einen Distanzmesser construiren, er wird aber auch

sogleich sehen, dass diese Idee keine fruchtbare ist. Es wäre zur Anwendung eines solchen Instrumentes eine grosse subjective Übung erforderlich, und wenn man auch hier durch stereoskopische Vorrichtungen, Röhren und feine Diaphragmen, welche zwischen den Augen und den Fäden angebracht würden, eine wesentliche Erleichterung herbeiführen könnte, so ist doch der Umstand hinderlich, dass der Convergenzwinkel der Sehaxen sich allzurasch der 0 nähert, d. h. der Parallelismus der Sehaxen sehr bald erreicht würde. Nahe demselben kämen aber unmessbar feine Unterschiede in dem Abstand unserer Fäden in Betracht, gerade aus diesen kleinen Differenzen müsste aber der relative Tiefenabstand zweier in beträchtlicherer Entfernung liegender Punkte berechnet werden.

Von dem eben Gesagten kann man sich durch eine weniger bequeme, aber sehr lehrreiche Abänderung unseres Versuches die beste Einsicht verschaffen.

Man ziehe auf einer viereckigen Glastafel (Fig. 4 *T*) zwei schiefe Linien, auf meiner Tafel besitzen sie eine Länge von 206 Millim., beide sind gleich geneigt gegen eine Linie, welche senkrecht steht auf den Halbirungspunkten der die oberen und unteren Enden der schiefen Linien verbindenden Geraden. Dann ziehe man in gleichen Abständen eine Reihe von Parallellinien zur oberen und unteren Verbindungslinie. Schliesslich lösche man von dem gezogenen Liniensysteme wieder alles mit Ausnahme der schiefen Linien und je zweier Stücke einer jeden Parallellinie, deren Hälften sich gleichweit vom Durchschnittspunkte mit der schiefen Linie nach rechts und nach links erstrecken. Dann erhält man zwei von Theilstrichen gekreuzte schiefe Linien und kann die Theilstriche mit Nummern versehen.

Auf meiner Tafel Fig. 4 *T* befinden sich je 20 solcher Theilstriche. Die Entfernung der Durchschnittspunkte des Theilstrich I jeder Seite mit der entsprechenden schiefen Linie beträgt 34 Millim., die Entfernung der Durchschnittspunkte von XX beträgt 70 Millim. Die Entfernungen der übrigen Durchschnittspunkte findet man leicht, denn sie bilden eine arithmetische Reihe, deren Differenz also $0 \cdot 95 \times 2$ ist.

Berechnet man nun die Convergenzwinkel, unter welchen sich die Durchschnittspunkte der einzelnen Theilstriche decken nach

$$\operatorname{tang} \frac{\varphi}{2} = \frac{LC - ac}{Cc},$$

wobei $LC = 31 \cdot 5$ Millim., $Cc = 600$ Millim. gesetzt werden soll. so findet man, dass für Theilstrich I $\frac{\varphi}{2} = 1^\circ 23' 3''$, dass die halben Convergenzwinkel von Theilstrich zu Theilstrich mit einem zu vernachlässigenden Fehler um 5′ 25″ abnehmen, dass der halbe Convergenzwinkel für Theilstrich XVI 1′ 40″ beträgt und dass der symmetrische Parallelismus der Sehlinien zwischen Theilstrich XVI und XVII erreicht wird. Es muss aber bemerkt werden, dass bei diesen Rechnungen von der Neigung der Visirebene abgesehen ist.

Wenn ich mich nun vor die in einer stellbaren Klemme angebrachte Taf. T, Fig. 4, in einer Entfernung von 60 Centim. hinstelle und die schiefen Linien so wie im früheren Versuch die Fäden zur Deckung bringe, so sehe ich gleichsam ein stereoskopisches Massband in geneigter Richtung vor mir empor laufen. Oder um ein anderes Bild zu gebrauchen eine Leiter, deren mit Nummern versehene Sprossen auf einer ihre Mitte kreuzenden geneigten Stange angeordnet sind.

Wenn ich nun einzelne Punkte dieser Leiter mit passend gelegenen Gegenständen der Aussenwelt zur Deckung bringe, so bemerke ich. dass die grösste Anzahl der Theilstriche auf relativ wenig weit entfernte Gegenstände fällt. Ich kann zum Beispiele die Leiter über das Kreuz meines Fensters, dann über den Dachfirst eines gegenüberliegenden 60 Schritte weit entfernten Hauses und endlich in die Wolken laufen lassen, dann bemerke ich, dass sich II mit dem Fensterkreuz, XVI mit dem Dachfirst deckt, während ein kurzes Stück über XVI die Deckung mit den Wolken stattfindet. XVII, XVIII u. s. f. kann ich aber mit keinem äusseren Gegenstande mehr zur Deckung bringen.

Die Übereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung ist eine überraschende und unerwartete. Als Becker mit der von mir angefertigten Tafel zuerst einen Versuch anstellte, wusste er nichts über die gewählten Dimensionen. Wir stellten die Aufgabe, er solle den Theilstrich ablesen, welcher sich mit einem Schornstein des vorerwähnten Hauses deckt. Er gab nach kurzer Beobachtung XVIII an. Dort beträgt aber die Entfernung der schiefen Linien 66·2 Millim., er hatte also nahezu den symmetrischen Parallelismus seiner Sehlinien an den schiefen Linien abgelesen, denn die Entfernung seiner Pupillen bei parallelen Sehlinien beträgt 68 Millim.

Aus den Versuchen mit der Tafel sehen wir ferner, dass die scheinbare Tiefendistanz der Objecte sehr rasch mit der Entfernung derselben von unserer Grundlinie abnimmt.

Das letztere würde in noch viel höherem Grade der Fall sein, wenn wir nicht an unter sich gleiche Excursionen unserer Sehlinien bei kleineren Convergenzwinkeln die Vorstellung grösserer Raumwerthe knüpfen würden, als bei grösseren Convergenzwinkeln. Dass das letztere der Fall ist, geht daraus hervor, dass wir den Abstand zweier Sprossen unserer stereoskopischen Leiter von I—II nach aufwärts immer grösser schätzen, so dass uns der Zwischenraum I—II am kleinsten und jeder nächstfolgende grösser als der vorhergehende erscheint, kurz wir durchmessen den Raum an unserer Leiter, wie mit einem Massstab, dessen Theilstriche immer weiter aus einander rücken, zu gleicher Zeit bemerken wir auch eine mit der Entfernung wachsende Verbreiterung der Theilstriche und Vergrösserung ihrer Nummern, kurz die Leiter zeigt jene mit der Abnahme der Convergenzwinkel einhergehende ebenmässige Vergrösserung, die man bisher nur aus psychischen Momenten zu erklären wusste.

Man kann diesem Versuch einen andern anreihen, der namentlich für die zuletzt gezogenen Folgerungen von Bedeutung ist. Man ziehe auf einer Glastafel zwei schiefe Linien genau so wie auf *T* Fig. 4, dann eine Reihe ähnlicher Parallellinien wie dort, die aber nicht gleichweit von einander abstehen, sondern in ungleichen Abständen auf einander folgen, und zwar soll der Abstand zwischen I und II so gross sein, wie in *T*; der Abstand XIX—XX aber nur halb so gross. Die übrigen Abstände sollen successive nach den Gesetzen einer arithmetischen Reihe von I—II bis XIX—XX abnehmen. Und überdies soll der Theilstrich I doppelt so lang sein als der Theilstrich XX, dann erhält man auf der Tafel die Zeichnung Fig. 5. Bringt man nun die schiefen Linien zur Deckung wie früher, so sieht man wieder eine stereoskopische Leiter. Diese zeigt aber, wenn einmal die stereoskopische Erscheinung in ihrer vollen Wirksamkeit hervorgetreten ist, nicht mehr jene grossen Differenzen in Beziehung auf Abstand und Breite der Sprossen, wie die frühere. Mir erscheint bei den eben gewählten Dimensionen vielmehr eine nahezu überall gleichbreite Leiter von dem entferntesten Punkt, mit welchem ich sie zur Deckung brachte, bis nahe an meinen Standort herzulaufen.

Die gewählten Dimensionen der zweiten Tafel sind rein willkürlich einer ungefähren Schätzung entsprungen. Durch beliebige Variationen in der Länge und dem Abstand der Theilstriche kann man, wie sich von selbst ergibt, noch mannigfach verschiedene stereoskopische Leitern zum Behuf vergleichender Beobachtungen herstellen.

Wir ersehen aber aus allen bis nun beschriebenen Versuchen, dass wir indirect „durch ein Urtheil über die Aussenwelt", wie Brücke sich ausdrückte, bestimmte Zustände und Zustandsänderungen unseres Sehapparates, deren inneres Wesen uns wenig bekannt, deren bündigster Ausdruck aber der Convergenzwinkel der Sehlinien ist, mit grosser Schärfe percipiren, und werden sogleich noch einen neuen nicht minder interessanten Beleg für dieses Factum kennen lernen.

Es wurde früher, als ich beschrieb, wie man gleichsam ein gespanntes Seil in eine Landschaft hineinlegen kann, angegeben, dass man das scheinbare Seil über die entferntesten Anheftungspunkte, welche man ihm gibt, noch weiter hinauslaufen sehe. Dies kommt daher, dass wir auch jene Punkte der Fäden noch zu einem Sammelbilde vereinigen, die weiter von einander abstehen, als die Drehpunkte unserer Augen. Wir sahen diese letzteren im Sammelbilde jenseits der mit parallelen Sehlinien vereinigten Fadenpunkte. Unser Seil läuft in gerader Richtung in's Weite; nirgends zeigt sich eine Knickung. Das letzte Ende des Seiles liegt, so urtheilen wir, weiter von uns ab als die Mitte, als der Anfang des Seiles.

Jeder, welcher sich einmal die Fähigkeit erworben hat, zu divergiren, wird diese Beobachtung machen. So lange man in dieser Beziehung noch ungeübt ist, muss man die grösste Sorgfalt darauf verwenden, dass man nicht ein nur einem Auge angehöriges Bild mit einem Sammelbilde verwechsle. So wie beim Schielen das Bild des einen Auges unterdrückt wird, so ereignet sich das auch sehr oft bei den im Anfang ziemlich anstrengenden und häufig fruchtlosen Bemühungen unsere Fäden durch Divergenz zur Deckung zu bringen. In solchen Fällen schliesst sich aber dem aus weniger weit von einander abstehenden Fadenpunkten zusammengelegten scheinbaren Seile ein unter einem Winkel nach aufwärts laufendes Stück, das Bild eines der Fäden an. Das gespannte Seil erscheint in der Ferne geknickt, was nie der Fall ist, wenn man es mit einem wirklichen Sammelbilde aller Fadentheile zu thun hat. Am schönsten ist die Erscheinung des gespannten Seiles, wenn man das letzte, bei diver-

genten Sehaxen einfach gesehene Endstück desselben frei gegen das wolkenlose blaue Himmelsgewölbe auslaufen lässt.

Während man das Sammelbild der durch Convergenz oder Parallelismus der Sehlinien vereinigten Fadenpunkte leicht mit endlich oder unendlich weit entfernten reellen Gesichtsobjecten zur Deckung bringen kann, wie schon oben des Weiteren ausgeführt wurde, ist dies natürlich mit den durch Divergenz entstandenen Sammelbildern niemals der Fall. Ich sehe, wenn es erlaubt ist, mich so auszudrücken, das letzte Ende des gespannten Seiles weiter entfernt, als unendlich weit.

Während ich, abgesehen von den mechanischen Schwierigkeiten, nicht in Verlegenheit bin demjenigen Stück meines scheinbaren Seiles, welches ich mit convergirenden oder parallelen Sehlinien wahrnehme, ein reelles Seil zu substituiren, welches genau denselben Eindruck auf meine Augen machen würde, bin ich niemals im Stande, das Stück meines scheinbaren Seiles zu substituiren, welches ich mit divergenten Sehlinien wahrnehme.

Ich mag mir was immer für ein Seil einbilden, ich mag dasselbe an was immer für einen unendlich weit entfernten Ort hin verlegen, niemals werde ich zu einem Äquivalent meiner obigen Sinneswahrnehmung kommen.

Möge man über der eng an den gegebenen Fall sich anschliessenden Darstellung die hier entwickelte Thatsache in ihrer Wichtigkeit nicht unterschätzen.

Es handelt sich um ein bisher nicht beachtetes Factum, welches im dritten Abschnitt noch ausführlicher behandelt werden soll. Es macht sich hier eine eigenthümliche Disharmonie zwischen den mit der Sinneswahrnehmung verknüpften primitiven Vorstellungen und dem Inhalt unseres Verstandes geltend.

Meine Empfindungen zwingen mich zu urtheilen, dass ich den Eindruck eines Körpers empfange, an welchem ich ein vorne und hinten, ein oben und unten u. s. w. unterscheide, der sich vor und ausser mir befindet. Seine Entfernung muss ich aber grösser schätzen als die aller reellen Körper der umgebenden Natur, selbst der unendlich weit entfernten. Darum kann ich ihm auch nimmermehr ein greifbares Ebenbild substituiren, denn alles, was ich leisten kann, ist, dass ich mir einen reellen Körper in unendlicher Entfernung denke.

Ich will jetzt noch in Kürze anführen, dass man, wenn man die Fäden in unserer Vorrichtung durch Herabschieben von Steg *C* nach unten divergiren macht, ganz ähnliche Versuche anstellen kann, wie die vorhin mitgetheilten. Es ist die letztere Anordnung aber nicht empfehlenswerth, weil, wie im zweiten Abschnitt angeführt werden soll, es viel schwerer ist bei abwärts geneigter Visirebene eine Divergenz der Augenaxen zu erzeugen als bei horizontaler und aufwärts geneigter, und zweitens läuft das Ende des stereoskopischen Seiles dann nicht gegen das Himmelsgewölbe, sondern gegen weit entfernte terrestrische Objecte aus, welche eine nicht unbedeutende Behinderung der versuchten Divergenz dadurch setzen, dass sie fortwährend zu einer Parallelstellung der Sehlinien anreizen.

Man kann die schiefen Fäden endlich auch, eben so wie die parallelen durch Convergenz vor der Ebene der Fäden zur Deckung bringen und erhält auf diese Weise bekannte stereoskopische Bilder, die mir aber zu keinen besonderen Beobachtungen Veranlassung gaben.

Zum Schlusse muss ich noch auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher bei allen oben mitgetheilten Versuchen in Frage kommt. Dieser allgemeinen Bedeutung halber und andererseits, weil er auf den Gang der obigen Untersuchungen nicht wesentlich modificirend wirkt, soll er erst jetzt behandelt werden.

Es wurde an zahlreichen Stellen von einer örtlichen Deckung unseres stereoskopischen Fadenbildes mit gleichzeitig einfach gesehenen reellen Gegenständen gesprochen.

Es ist aber klar, dass man nicht gleichzeitig auf die zum Versuch dienenden Fäden und auf die mit dem Sammelbild derselben sich deckenden Gegenstände seine Augen einrichten kann.

Man wird also entweder das Sammelbild der Fäden scharf und den deckenden Körper in Zerstreuungskreisen oder umgekehrt das Sammelbild in Zerstreuungskreisen und den deckenden Körper scharf sehen.

Bei den obigen Versuchen wurde bald der erstere, bald der letztere Fall gewählt.

Durch feine Diaphragmen, welche man auf Wachskugeln befestigt und damit an die Spitzen eines Zirkels steckt, um sie in passender Lage vor die Augen zu bringen, kann man übrigens sogleich nach bekannten Gesetzen die beiden sich deckenden Gesichtsobjecte gleichzeitig in scharfen Umrissen wahrnehmen.

Wollte man z. B. die Excursionen der wandernden Fäden oder irgend ein anderes der früher angeführten Probleme ausrechnen und die gefundenen Resultate mit den Angaben einer Messkette vergleichen, so müsste man sich stets solcher Diaphragmen bedienen.

Von ihrer Wirkung kann sich jeder durch einen ganz einfachen Versuch auf's Schönste überzeugen. Man zeichne auf ein Blatt Papier zwei schwarze Kreuze in einem Abstande von 60 Millim., deren Schenkel 4 Millim. lang sind. Dann erzeuge man sich durch Convergenz vor der Ebene der Kreuze ein Sammelbild aus den zwei Kreuzen und suche den Ort desselben mit der Spitze einer zwischen Nase und Papier herumgeführten Nadel auf. Man wird finden, dass wenn man die Nadel und das Sammelbild einfach sieht, immer entweder die Nadel oder das Kreuz scharf gesehen wird, niemals beide zugleich.

Es liegt in meiner Willkür in rasch auf einander folgenden Intervallen bald für die Nadel, bald für das Kreuz zu accommodiren. Becker kann es ebenfalls und hoffentlich wird sich jeder, wenn er die passende Entfernung der Kreuze von den Augen ausfindig gemacht, diese Fähigkeit erwerben, da, wie aus den Untersuchungen von Donders hervorgeht, sich mit jedem Convergenzwinkel der Sehlinien eine gewisse durch Übung zu treibende Breite der Accommodation verknüpft.

Wenn man aber bei dem beschriebenen Versuche die obigen auf dem Zirkel befestigten Diaphragmen in passender Lage vor die Augen bringt, und nun wieder dadurch, dass man das linke Kreuz im rechten, das rechte im linken sich abbilden lässt, ein Sammelbild erzeugt und den Ort desselben mit der Nadelspitze aufsucht; dann sieht man unter allen Umständen das Kreuz sowohl, als auch die Nadel scharf, das eine weil man darauf accommodirt, die anderen wegen der Verkleinerung der Zerstreuungskreise, oder es ist das Umgekehrte der Fall.

II. Über stereoskopisches Sehen ohne Stereoskop.

Sieht man zwei gleiche oder zwei stereoskopische Zeichnungen mit beiden Augen unbefangen an, indem man dabei irgend einen Punkt der Bildebene fixirt, so sieht man nur zwei Zeichnungen oder glaubt wenigstens nicht mehr zu sehen. Wird aber von beiden Augen ein Punkt fixirt, der nicht in der Bildebene liegt, mithin vor oder

hinter derselben liegen muss, so sieht man im Allgemeinen vier Bilder, d. h. man erhält Doppelbilder.

Für jede Entfernung und Stellung des Beobachters zur Bildebene gibt es zwei Punkte, in welchen sich die Sehlinien kreuzen müssen, damit zwei von den Doppelbildern zusammenfallen und der Beobachter statt vier nur drei Bilder sieht, und zwar ein Sammelbild in der Mitte und zwei einfache Doppelbilder zur Seite.

Liegt der Convergenzpunkt der Sehlinien vor der Bildebene, so gibt es für jeden bestimmten Abstand der beiden Bilder des Objectes von einander eine bestimmte Entfernung und Augenstellung des Beobachters, bei welchen die seitlichen einfachen Doppelbilder auf die Eintrittsstellen des *N. opticus* fallen und desshalb, wenn sie eine gewisse Grösse nicht überschreiten, nicht wahrgenommen werden können. In diesem besonderen Falle sieht man also, wie durch ein Stereoskop, nur das Sammelbild, nur ein Bild.

Da der Winkel φ Fig. 4, Tafel II, den AB die Richtungslinie der Mitte der *Macula lutea* mit CD der Richtungslinie der Mitte der *Papilla Nervi optici* einschliesst, in jedem besonderen Auge eine constante Grösse ist, und da, wenn die beiden seitlichen Doppelbilder verschwinden sollen, das eine Bild des Objectes auf der *Macula lutea*, das andere auf der Eintrittsstelle des *Nervus opticus* abgebildet werden muss, so muss sich der Beobachter der Bildebene um so mehr nähern, je geringer der Abstand der beiden stereoskopischen Zeichnungen ist. Der Convergenzwinkel der Sehlinien χ wächst mit Abnahme der Entfernung der Bildebene. Ist $BD = LR$, so ist $\chi = 2\varphi$.

Accommodirt der Beobachter für die Entfernung der Bildebene, während er entweder durch Convergenz vor oder hinter der Bildebene ein in der Mitte stehendes Sammelbild erzeugt, so machen ihm zwei vereinigte stereoskopische Zeichnungen einen körperlichen Effect. Er sieht stereoskopisch ohne Stereoskop.

Man kann also auf zweifache Weise ohne Stereoskop stereoskopisch sehen, indem man entweder vor der Bildebene oder hinter derselben die Sehlinien kreuzt, dabei aber immer die Accommodation für die Bildebene festhält.

Fechner: „Über einige Verhältnisse des binoculären Sehens". Leipzig 1860, pag. 367 sagt: „Es ist mir auffallend gewesen, zu finden, dass verschiedene Personen sich in der respectiven Leichtig-

keit gleichseitige oder ungleichseitige Doppelbilder zu erzeugen sehr ungleich verhalten. Wahrscheinlich würde eine genauere Erkundigung Aufschluss darüber in Verhältnissen der Weit- oder Kurzsichtigkeit, früheren Gewöhnungen und Gebrauchsweisen des Auges finden lassen, worauf ich jedoch keine genauere Untersuchung gerichtet habe".

Es werden dann eine Reihe von Beobachtern namhaft gemacht, von denen die einen es bequemer finden vor der Bildebene zu convergiren, während die anderen lieber hinter derselben die Sehlinien kreuzen. Nur ein Individuum, sagt Fechner weiter, sei ihm vorgekommen, welches mit gleicher Leichtigkeit gleichseitige und ungleichseitige Doppelbilder erzeugt und beherrscht.

Fechner sucht mit Recht den Aufschluss über die Ursachen dieser Verschiedenheit in dem Baue des Auges, in unseren Gewohnheiten und in den Gebrauchsweisen des Auges. Doch sind damit nicht alle Momente bezeichnet, welche hier in Rechnung kommen.

Ich habe schon erwähnt, dass zum deutlichen stereoskopischen Sehen nicht allein die beiden Doppelbilder, welche zum Sammelbilde vereinigt werden, auf der *Macula lutea* abgebildet werden müssen, sondern dass dazu auch gehört, dass man für eine andere Entfernung als den Kreuzungspunkt der Sehlinien zu accommodiren vermöge.

Nachdem durch verschiedene Beobachter nachgewiesen war, dass das Auge im Allgemeinen für einen bestimmten Convergenzwinkel nicht immer einen bestimmten Accommodationszustand festhält, sind zuerst von Mac-Gillavry [1] und dann von Donders Untersuchungen bekannt gemacht worden, welche darthun, dass die Grösse und Lage der freien Accommodation in einem und demselben Auge bei verschiedenen Convergenzwinkeln verschieden sei.

Beide Beobachter haben diese relative Accommodationsbreite durch Anwendung von Prismen bestimmt, vermittelst welcher sie den Sehlinien von einander verschiedene Convergenzwinkel bei Betrachtung eines Objectes von bekannter Entfernung auferlegten und nun durch Vorsetzen von Concav- oder Convexgläsern die Accommodation zu erhöhter oder verminderter Thätigkeit veranlassten. Aus dem stärksten oder schwächsten Glase, durch welches das

[1] Th. H. Mac-Gillavry: *Onderzoekingen over de Hoegrootheid der Accommodatie.* Utrecht 1858.

Object noch deutlich gesehen wurde, konnten die Grenzpunkte der freien Accommodation berechnet werden.

Aus den Untersuchungen von Donders geht hervor, dass die relative Accommodationsbreite im Allgemeinen abhängt vom Bau der Augen, aber beeinflusst wird von Übung und Gewöhnung.

Ich will zunächst aus einander zu setzen versuchen, in wiefern die Leichtigkeit durch Convergenz vor oder hinter der Bildebene ohne Stereoskop stereoskopisch zu sehen von dem Bau des Auges abhängt.

In dem Bau des Auges ist zunächst die absolute Accommodationsbreite desselben gegeben. Man unterscheidet mit Stellwag einen dreifachen Bau des Auges. Ich bezeichne ihn mit Donders Benennungen als brachymetropischen (myopischen), emmetropischen und hypermetropischen Bau.

Zu allernächst ist es bei allen Versuchen über binoculäres Sehen wichtig, ob die beiden Augen gleich oder verschieden gebaut sind. Der zweite Fall würde alle Untersuchungen ungemein compliciren. Ich glaube voraussetzen zu dürfen, dass auch Donders bei seinen Angaben über relative Accommodationsbreite immer ein Paar möglichst gleicher Augen vor sich gehabt habe. Auch hier soll in Folgendem immer nur der erste Fall berücksichtigt werden. In der That sind die Augen von Rollett und mir, wie oben angegeben wurde, als vollkommen gleich zu betrachten.

Von dem Bau der Augen des Beobachters hängt es dann im Allgemeinen ab, ob er das Object in grösserem oder geringerem Abstande betrachten wird; ein Myop z. B. wird ohne Rücksicht auf alles andere, blos weil er kurzsichtig ist, das Object näher halten als sein Fernpunkt ist, oder höchstens gerade so weit. Ein Emmetrop wird je nach der Grösse des Objectes dasselbe in höchst verschiedenen Entfernungen halten können; ein Hypermetrop wird mit Vorliebe grösseren Abstand wählen.

Insofern hängt für den, der mit beiden Augen sieht, die Gewohnheit eines gewissen Convergenzwinkels von der Lage seines Fernpunktes ab, der wieder durch den Bau des Auges bedingt ist.

Den gleichen Einfluss hat der Bau auf die Lage der relativen Accommodationsbreite. Ein Blick auf die Tafeln, in welchen Donders [1])

[1]) Archiv für Ophthalmologie. Bd. IV, Abth. I, p. 86.

Grösse und Lage derselben bei den drei Grundtypen gesunder Augen schematisch dargestellt hat, beweist das.

Bei emmetropischen Augen liegt für grosse Convergenzwinkel — bis 35 Grad herab — die freie Accommodationsbreite von sehr geringer aber wachsender Grösse jenseits des Convergenzpunktes. Von da an besitzen die Augen für alle Convergenzwinkel freie Accommodation diesseits und jenseits des Convergenzpunktes, und zwar in ziemlich gleicher Ausdehnung. — Es folgt daraus, dass emmetropische Augen für jede Entfernung der Bildebene zwischen dem Nahepunkte und Fernpunkte durch Convergenz diesseits oder jenseits der Bildebene stereoskopisch sehen können. Es wird ihnen aber schwer werden bei grosser Nähe der Bildebene sowohl vor als hinter der Bildebene den entsprechenden Kreuzungspunkt der Sehlinien zu finden, weil der Spielraum der Accommodation für diese Convergenzgrade sehr gering ist, und er wird ausserdem lieber Convergenz hinter der Bildebene wählen, weil er nicht gewohnt ist hohe Convergenzgrade seiner Sehlinien festzuhalten.

Für alle niederen Convergenzwinkel liegt im Bau seiner Augen keine Schwierigkeit auf beide Weisen stereoskopisch zu sehen. Es wird von der Gewöhnung und von anderen Momenten abhängen, ob er höhere oder geringere Convergenzgrade wählt.

Für den Myopen fällt das erste Stück viel kürzer aus. Fast von seinem Nahepunkte ab liegt seine freie Accommodation auf beiden Seiten des Kreuzungspunktes. Für niedere Grade des Convergenzwinkels — von 25 Grad etwa abwärts — kann er natürlich nur für näher gelegene Objecte accommodiren. — Würde er im Stande sein eben so leicht seine Sehlinien dem Parallelismus zu nähern, wie er sie unter Winkeln von 60—30 Graden festhält, so würde im Bau der Augen keine Veranlassung liegen, mit Vorliebe die Convergenz vor oder hinter der Bildebene zu wählen. Myopen halten daher in der Regel das Object nahe ihrem Fernpunkt und convergiren vor demselben.

Es ist mir wiederholt vorgekommen, dass Kurzsichtige ein stereoskopisches Bild ohne Stereoskop für einen Kegel erklärten, welches ein Normalsichtiger mit derselben Hartnäckigkeit für einen Trichter ansah. Den erstern konnte man leicht davon überzeugen, dass der Kegel auch als Trichter gesehen werden könnte. Ich legte einfach die Zeichnung in ein Stereoskop, während der Normal-

sichtige erst durch Übung und Fixiren eines vor die Bildebene gehaltenen kleinen Gegenstandes einen Kegel zu sehen vermochte.

Nur wenn ein Kurzsichtiger Brillen trug und zu tragen gewohnt war, ward ihm ein Convergiren hinter der Bildebene leichter.

Hypermetropische Augen vermeiden grosse Convergenzwinkel, wo sie können. Ihre freie Accommodation liegt bis auf sehr geringe Convergenzwinkel hinter dem Kreuzungspunkte und hat eine sehr geringe Grösse. Es wird also von der Grösse des Objects abhängen, ob der Hypermetrop es nahe oder ferne hält. Ist er gezwungen es nahe zu halten, wird ihm ein Convergiren hinter der Bildebene und ein Aufsuchen desjenigen Punktes, für welchen seine Accommodationsbreite in die Bildebene fällt, unverhältnissmässig leichter fallen, als wenn er vor dem Objecte die Sehlinien sich kreuzen liesse. Bei grossen Objecten, die er im Stande ist aus grosser Entfernung deutlich zu sehen, wird ihm eine Convergenz vor der Bildebene auch nicht schwer fallen.

Es wird vielleicht manchem schwer werden, sich diese Verhältnisse klar vorzustellen. Es rührt dies daher, dass die relative Accommodationsbreite ein Product der angebornen Construction des Auges und der Gewöhnung ist; die Gewohnheit aber mit grösseren oder kleineren Convergenzwinkeln zu sehen wieder bedingt wird durch den Bau des Auges oder die Lage des Nahe- und Fernpunktes.

Ehe ich die anderen Verhältnisse bespreche, welche auf die Leichtigkeit ein Sammelbild aus zwei Einzelbildern zu erzeugen Einfluss haben, will ich auf eine Methode hinweisen, die relative Accommodationsbreite zu bestimmen, die eben auf dieser Fähigkeit beruht.

Habe ich zwei weisse stereoskopische Zeichnungen auf schwarzem Grunde, so kann ich mich, wenn ich durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild erzeugt habe, leicht überzeugen, ob ich genau und scharf für die Bildebene accommodirt habe oder nicht. Entferne ich in jeder Hälfte der Zeichnung an einer ganz kleinen Stelle die schwarze Farbe, so dass das weisse Papier zu Tage tritt, so habe ich an den Contouren dieser Stelle ein scharfes Urtheil darüber, ob ich diese von Farbe entblösste Stelle genau sehe. Sind nun beide Stellen so gewählt, dass sie im Sammelbild nicht übereinander fallen, so kann ich mir Rechenschaft geben, ob wirklich im Momente, wo ich das Sammelbild habe, beide Augen genau für die Entfernung der Bildebene accommodirt sind. So gut, wie kleine weisse Figuren auf schwarzem Grunde, kann ich auch schwarze

(Buchstaben etwa) auf weissem Grunde in zwei gleich grosse zur Deckung zu bringende Kreise an nicht entsprechenden Stellen anbringen. Richte ich mich nun so ein, dass ich bei festzuhaltender Convergenz die Zeichnungen in der Richtung der Sehlinien gleichzeitig den Augen nähere oder von ihnen entferne, so kann ich genau messen, wie weit vor dem Kreuzungspunkte der Sehaxen ich noch genau accommodiren kann. Taf. II, Fig. 4 soll veranschaulichen, wie es möglich wäre, einen gewählten Convergenzgrad festzuhalten und gleichzeitig vor und hinter demselben die zur Deckung zu bringenden Kreise vom Auge zu entfernen und ihm zu nähern. Ich habe bisher keinen Apparat, nach diesem Principe construirt, angewendet, glaube aber, dass die Mittheilung dieses Principes vielleicht einem oder dem anderen von Interesse ist.

M ist eine horizontale Holztafel, auf welcher bei *A* und *B* zwei Stäbe *AC* und *BD* so angebracht sind, dass sie um einen verticalen Zapfen drehbar sind. Der eine Stab liegt bei *E* über dem andern und ist durch einen beide Stäbe durchbohrenden Drath, dessen freies Ende senkrecht nach oben steht, festzustellen. Unten endigt der Drath in einem Holzstück, das in einer senkrechten Spalte *FG* der Holztafel in einem Falze verschiebbar ist. *AB* ist die Entfernung der Augendrehpunkte des Beobachters, und die Spalte *FG* verläuft in der Richtung der Medianebene. Auf jedem der vierkantigen Stäbe verläuft nun eine Hülse, welche oben an einem Stabe die Hälfte einer stereoskopischen Zeichnung oder einen von den zwei gleichen Kreisen trägt, in dem die oben besprochenen Marken angebracht sind. Legt man nun in den Ausschnitt *H* sein Kinn und sind die Verhältnisse so gewählt, dass sich *A* und *B* senkrecht unter den Augendrehpunkten befinden, so kann man bei den verschiedensten Einstellungen der beiden Stäbe die senkrechte Nadel in *E* fixiren und nun *J* und *K* oder *L* und *N* beliebig verschieben, d. h. den Augen nähern oder von ihnen entfernen, immer wird man von den Kreisen ein Sammelbild in *E* sehen. *L* und *N* würden die Nadel in *E* verdecken; es würde daher passend sein, die vor dem Convergenzpunkt gelegenen Zeichnungen mit schwarzer Farbe auf Glastäfelchen anzubringen, damit man sich jeden Augenblick überzeugen kann, ob man die Nadel in *E* genau fixirt. Von der Grösse der Dimensionen, in denen der Apparat ausgeführt ist, hängt es dann ab, wie klein ich die Convergenzwinkel machen kann.

Auf diese Weise können nur Personen, die in physiologischen Versuchen bewandert sind, ihre relative Accommodationsbreite messen. Eine nicht unbedeutende Sicherheit im Urtheil ist aber auch bei der Methode von Donders nothwendig, und die meinige hat den Vortheil, dass keine Prismen und Gläser dabei angewendet werden.

Ich habe bisher ein Moment ausser Acht gelassen, welches in manchen Fällen es geradezu unmöglich macht durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild zu Stande zu bringen.

Erst als ich mir durch die im Abschnitt III zu erwähnenden Methoden schon eine ziemliche Fertigkeit erworben hatte, willkürlich meine Gesichtslinien divergiren zu lassen, verfiel ich darauf den Abstand der jetzt so häufig im Handel vorkommenden stereoskopischen Bilder zu messen. Ich fand denselben bei vielen grösser — bis 73 Millim. — als den Abstand der Drehpunkte der Augen. Es liegt auf der Hand, dass derartige Bilder nur durch Convergenz vor der Bildebene zur Deckung gebracht werden können. Durch Convergenz der Sehlinien hinter der Bildebene ein Sammelbild zu erzeugen ist eben in allen den Fällen einfach nicht möglich, in denen die beiden Hälften der Zeichnung entweder gerade so weit von einander entfernt sind, wie die Augendrehpunkte, oder weiter. Überhaupt muss das Verhältniss beider Abstände bei der Beurtheilung jedes einzelnen Falles wohl berücksichtigt werden. Es würde zu weit führen alle Combinationen mit den verschiedenen früher besprochenen Fällen anzuführen. Es genügt schon die einfache Hinweisung auf die grosse individuelle Verschiedenheit im Bau des Kopfes, indem bei Rollett und mir bei übrigens fast gleichen Augen der Abstand der Augendrehpunkte um 5 Millim. differirt — *R.* 63 Millim., *B.* 68 Millim. Es könnte beispielsweise mir leicht werden von zwei um 64 Millim. entfernten Kreuzen ein Sammelbild durch Convergenz hinter der Bildebene zu Stande zu bringen, während es Rollett unmöglich ist, weil der Abstand seiner Drehpunkte nur 63 Millim. beträgt.

Es ist vielleicht nicht überflüssig ausdrücklich zu erwähnen, dass der Abstand der Bilder und der Augen, so wie das Verhältniss beider gar nicht in Betracht kommt, wenn der Kreuzungspunkt der Sehlinien vor dem Objecte liegt.

Fasse ich das Ganze zusammen, so ergibt sich, dass, Gesundheit der Augenmuskeln und geistiges Urtheil gleichgesetzt, der Grund

der Verschiedenheit, warum die einen leichter gleichseitige, die anderen leichter ungleichseitige Doppelbilder zur Deckung bringen, zu suchen ist: in der Verschiedenheit des Baues der Augen — ob sie emmetropisch, myopisch oder hypermetropisch sind, in der Gewohnheit mit grösserer oder geringerer Convergenz der Sehlinien zu sehen und besonders in dem Verhältnisse zwischen dem Abstande der Drehpunkte der Augen und dem Abstande der zur Deckung zu bringenden Gegenstände von einander.

Endlich resultirt noch daraus die Nothwendigkeit, dass jeder, welcher Beobachtungen über binoculäres Sehen veröffentlicht, von jetzt an diese Daten an der Spitze seiner Arbeit mittheilt.

III. Über stereoskopisches Sehen bei divergenten Sehlinien.

Nachdem die Abhängigkeit unseres Urtheils über Grösse und Entfernung eines mit beiden Augen gesehenen Körpers von dem Convergenzwinkel der Sehlinien ausser Zweifel gestellt war, schien die Untersuchung Interesse zu bieten, wie sich das Urtheil über Grösse und Entfernung bei divergirenden Sehlinien verhalte.

Zunächst handelte es sich darum Methoden ausfindig zu machen, durch die es möglich wäre die Sehlinien willkürlich divergiren zu lassen. Ein Theil der gewonnenen Resultate ist schon sub I mitgetheilt worden. Ich will hier zuerst die Methoden beschreiben, die zum Ziele geführt haben, und dann die Resultate, welche das Vereinigen stereoskopischer Zeichnungen bei divergenten Sehlinien gegeben hat.

A. Methoden.

Der erste Beobachter, welcher angibt, dass er eine Divergenz seiner Augenaxen auf experimentellem Wege hervorgerufen habe, ist Hermann Meyer. In einem Aufsatze: Zur Lehre von der Synergie der Augenmuskeln: Poggendorff's Annalen, Bd. XXV, p. 207 (8. März 1852) theilt er mit, dass es ihm gelang mit Hilfe eines in demselben Bande beschriebenen Stereoskopes seine Augenaxen zur Divergenz zu bringen. Der erreichte Divergenzwinkel soll 10 — 11° betragen haben. Doch ist in der Rechnung, auf welche sich diese Angabe stützt, die Distanz der Augendrehpunkte zu 50 Millim. angenommen. Bei Rollett und mir beträgt sie aber 63 Millim. und beziehungsweise

68 Millim., und bei allen von mir untersuchten Personen fand ich sie nur bei Kindern unter vier Jahren von so geringer Grösse. Darnach wäre also diese Angabe zu corrigiren. Eine Anwendung auf das binoculäre Sehen hat Meyer von diesen Versuchen nicht gemacht.

In derselben Zeitschrift, März 1854, Bd. XXIX, p. 350 findet sich eine Notiz von Rollmann, dass er durch Ziehen an den äusseren Augenwinkeln die Convergenzwinkel seiner Augenaxen zu verändern wusste. Ob er es auf diese mir nicht verständlich gewordene Weise zu einer Divergenz der Gesichtslinien gebracht habe, geht nicht daraus hervor.

Ohne Hilfe eines Stereoskopes hat zuerst Czermak: „Physiologische Studien", Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften, Bd. XII, p. 344 (9. März 1854), die Augenaxen willkürlich divergiren lassen. Seine Methode möge dort nachgelesen werden.

Während der hier mitgetheilten Untersuchungen dienten folgende Methoden, nicht allein die Sehlinien überhaupt divergiren zu lassen, sondern eine solche Übung darin zu erlangen, dass Versuche mit divergenten Sehlinien angestellt werden konnten.

1. Durch Anwendung von Prismen.

Hält man sich vor beide Augen schwache Prismen mit dem brechenden Winkel nach aussen, während man einen unendlich entfernten Gegenstand, etwa eine Wolke, einen Stern oder am besten den Mond betrachtet, so müssen, da die Gesichtslinien vorher parallel standen, die beiden Bilder des Mondes nach innen von der *Macula lutea*, also auf nicht identische Stellen der Netzhäute fallen. Man erhält gleichnamige Doppelbilder, wie bei Lähmung eines *Musculus rectus internus*.

Bei schwachen Prismen — etwa von 1° brechenden Winkel — fallen die Doppelbilder so nahe der *Macula lutea*, dass ein lebhaftes Bestreben auftritt diesen, wie bekannt, sehr lästigen Eindruck zu vermeiden. Durch den unangenehmen Eindruck wird eine Art von Reflexcontraction in den beiden *M. rectis externis* hervorgerufen, durch welche die Bulbi so weit nach aussen gedreht werden, dass die Bilder beiderseits auf die *Macula lutea* fallen, und der Mond nun wieder einfach gesehen wird.

Die Thatsache, dass nahezu auf identische Netzhautstellen entworfene Doppelbilder dem Sensorium unerträglich sind und um jeden Preis zu vermeiden gesucht werden, ist den Augenärzten wohl

bekannt. Sie erklären dadurch sowohl das Auftreten eines bleibenden Strabismus in Folge von Lähmung irgend eines *Musc. rectus*, als sie anderer Seits die Thatsache benutzen, um einmal bestehenden Strabismus zu heilen. Indem sie nämlich weit aus einander fallende Doppelbilder durch Prismen der *Macula lutea* nähern, suchen sie jenen lästigen Eindruck wieder hervorzurufen, damit dieser den lange unthätigen Muskel zur Contraction reize und dadurch die Bilder wieder beiderseits auf die *Macula lutea* zu liegen kommen. Durch Wiederholung dieser geringen Kraftanstrengung soll der Muskel durch Gymnastik gestärkt werden. Wird dann von starken zu immer schwächeren Prismen übergegangen, so wird dem Muskel nach Maassgabe der gewonnenen Kräftigung eine immer grössere Anstrengung aufgeladen, bis er endlich auch ohne Hilfe von Prismen die Sehlinien wieder parallel stellen und convergiren lassen kann.

Ich bin umgekehrt von schwachen zu immer stärkeren Prismen übergegangen und habe es endlich dahin gebracht trotz Vorhalten von Prismen mit 10° brechendem Winkel und dem brechenden Winkel nach aussen den Mond einfach zu sehen.

Dass aber wirklich die Gesichtslinien divergirten, bewies mir der Umstand, dass ich im Augenblicke, wo ich die Prismen entfernte, gekreuzte, ungleichnamige Doppelbilder vom Monde hatte, und es mir erst nach einer messbaren Zeit gelang den Mond mit parallelen Gesichtslinien wieder einfach zu sehen.

Da mir der Brechungsindex des Glases, aus dem die Prismen verfertigt sind, nicht bekannt ist, kann ich den Grad der Divergenz nicht angeben, und da es für meine Untersuchungen nicht von Interesse war, den Divergenzwinkel genau zu kennen, so habe ich den Brechungsindex auch nicht bestimmt.

Kann man einmal beim Ansehen unendlich entfernter Gegenstände divergiren, so kann man die Divergenz auch steigern, indem man von unendlich entfernten zu entfernten irdischen Gegenständen übergeht, also z. B. wenn man statt des Mondes kleine, scheinbar ruhig stehende Wolken, ferne Thurmspitzen, Schornsteine u. s. w. durch Prismen einfach zu sehen sich bemüht. Man gelangt endlich dahin diese Versuche selbst im Zimmer anzustellen. Am besten dienen dazu hell leuchtende Objecte, wie z. B. Kerzenflammen. Je intensiver das Licht der Doppelbilder ist, desto leichter scheinen die *M. recti externi* dem Reflerimpulse zu folgen.

2. Durch successives Erzeugen eines Sammelbildes von zwei immer weiter auseinander stehenden Fäden oder Zeichnungen.

Im Vorhergehenden hat man sich durch vorgesetzte Prismen von einem Gegenstande zwei Bilder geschaffen, die so lange als Doppelbilder erscheinen, als dieselben auf nicht correspondirende Netzhautstellen fallen, die aber bei divergirenden Gesichtslinien beiderseits auf die *Macula lutea* gebracht werden können und dann einfach erscheinen. Man kann aber auch von Anfang an den Augen zwei und zwar entweder congruente oder stereoskopische Zeichnungen darbieten, deren Abstand von einander grösser ist, als der Abstand der Drehpunkte beider Augen. Bringt man nun die Sehlinien zum Divergiren, so entsteht in dem Momente, in welchem die Sehlinie des rechten Auges die rechte, die Sehlinie des linken die linke Zeichnung trifft, ein Sammelbild beider Objecte, während wie beim stereoskopischen Sehen mit Convergenz hinter der Bildebene seitlich zwei einfache Doppelbilder stehen.

Ich habe nun folgende zwei Methoden angewendet, die Divergenz hervorzubringen.

a) Die erste Methode ist etwas gewaltsam, führt aber sehr rasch zum Ziele. Man drücke nämlich, im Gegensatze zu Rollmann (a. a. O.), der an den Augen zieht, mit den Fingern jeder Hand das entgegengesetzte Auge nach auswärts. Mir gelingt dies am leichtesten, wenn ich die Volarfläche des ersten Daumengliedes der rechten Hand von oben an den innern Winkel des linken, den Daumen der linken Hand eben so an den innern Winkel des rechten Auges lege und nun, die Hände und Arme über der Stirne kreuzend, einen möglichst gleichmässigen Druck nach aussen auf die Bulbi ausübe.

Sobald sich die Bulbi verschieben, erhält man von dem fixirten Gegenstande, hier den zwei Fäden oder Zeichnungen, Doppelbilder Anfangs freilich geschieht es dabei leicht, dass sich die Doppelbilder auch der Höhe nach verschieben, und zu einander nicht mehr parallele stehen. Einerseits kann man aber geringere Grade senkrechter Verschiebung durch entsprechende Neigung des Kopfes ausgleichen, andererseits gewinnt man bald die Übung den Druck so gleichmässig, rein von innen nach aussen wirken zu lassen, dass man nur minutiöse Verschiebungen in senkrechter Richtung erhält.

Das Haupthinderniss, das dem Gelingen dieses Versuches im Wege steht, liegt aber darin, dass manche Individuen bei nur einigermassen starkem Druck die Fähigkeit verlieren genau zu unterscheiden und zu accommodiren. Die Bilder werden unrein, die Gegenstände werden verzerrt, geknickt, oder es wird in einem oder dem andern Auge das Bild auch wohl ganz unterdrückt.

Je leichter das Auge ohnehin geneigt ist einem Zuge nach aussen nachzugeben, desto leichter wird es auch einem im innern Augenwinkel angebrachten Drucke nachgeben. Der Versuch gelingt daher nicht allein um so schneller und reiner, je öfter er angestellt wird, sondern auch je mehr man die *M. recti externi* durch die anderen Methoden schon geübt hat einem auf sie isolirten Impulse zur Contraction Folge zu leisten.

Auf diese Weise gelingt es mir noch bei sehr hohen Graden von Divergenz deutliche und brauchbare Sammelbilder zu bekommen.

b) Die jetzt zu beschreibende Methode ist die schonendste und erfordert kein Hilfsmittel ausser eine leicht zu beschaffende Zeichnung oder zwei in gewisser Neigung aufgespannte Fäden. Man gelangt durch dieselbe vielleicht nicht zu so hohen Graden von Divergenz, wie bei der eben angegebenen; eine besonders hohe Divergenz zu erreichen hat aber auch bisher noch kein wissenschaftliches Interesse geboten. Sie ist daher am meisten zu empfehlen.

Man stelle den Abschnitt 1 p. 47 beschriebenen Apparat Fig. 1 so auf, dass die Darmsaiten zwischen Steg *B* und *C* nach unten convergiren. Der Abstand der Fäden ist unten 55 Millim., also geringer, als die Entfernung der Augendrehpunkte von einander, oben 95 Millim., also viel grösser. Diesen Fäden stelle man sich so gegenüber, dass die Medianebene die Ebene der Darmsaiten in der Mitte zwischen den Saiten schneidet. Erzeugt man sich nun von dem untersten Ende derselben durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild und geht dann langsam mit den Augen in die Höhe, immer das Sammelbild festhaltend, so kommen nach und nach immer weiter von einander entfernte Punkte der Saiten zur Deckung. Nicht geübte Augen kommen natürlich bald zu einem Punkte, über den hinaus es ihnen nicht mehr gelingt ein Sammelbild der geneigten Linien zu erzeugen. Für alle ungeübten Augen findet dies Statt, sobald die Sehlinien parallel stehen. Misst man den Abstand der zuletzt vereinigten Punkte der geneigten Linien, so wird man finden,

dass ihr Abstand dem Abstande der Drehpunkte der Augen entspricht. Es ist aber wahrscheinlich, dass Personen, die gewohnt sind, nur bei höheren Graden von Convergenz der Sehlinien ihre Augen zu gebrauchen, also im Allgemeinen Myopen, die Grenze des Sammelbildes der Saiten schon früher erreichen, ehe ihre Sehlinien parallel stehen.

Versuchen Ungeübte das Sammelbild weiterhin festzuhalten, so treten oben die Bilder der Fäden nach verschiedenen Seiten auseinander. Bei etwaiger Unterdrückung des Bildes in einem Auge erscheint aber die Darmsaite am Ende des Sammelbildes wie geknickt; vid. p. 58.

Merkt man sich den Ort der zuletzt zu einem Sammelbilde vereinigten Punkte der Saiten, so wird man nach wiederholten Versuchen wahrnehmen, dass dieselben, wenn auch langsam, weiter in die Höhe rücken. Man lernt mit den Sehlinien zu divergiren, d. h. man erlernt die *Mm. recti externi* gleichzeitig zur Contraction zu veranlassen. Der Reiz, der diese Contraction hervorruft, ist wieder der schon oben besprochene. Hier liefern die nächst höher gelegenen Punkte der Darmsaiten die nahe der *Macula lutea* liegenden Doppelbilder.

Je stärker dieser Reiz wirkt, desto erwünschter ist es für unsere Zwecke. Suchen wir ihn also zu verstärken. Dies hier durch Vermehrung der Lichtintensität zu bewirken, wird nicht leicht sein, da es umständlicher Vorrichtungen bedürfte, zwei geneigte leuchtende Linien, etwa durch Spalten in einem Schirme, hinter dem ein Licht steht, herzustellen.

Ein solches Mittel bietet sich aber darin, dass man den Augen nicht einfache Fäden, gerade Linien, sondern complicirtere Figuren, zu körperlichen Vorstellungen zu combinirende stereoskopische Zeichnungen gegenüberstellt. Ich habe mir zu diesem Zwecke eine Reihe ähnlicher stereoskopischer Zeichnungen construirt, deren einziger Unterschied in dem immer grösser werdenden Abstand derselben von einander besteht. Auf Taf. III ist 1. die stereoskopische Abbildung eines abgestumpften Kegels, wenn man hinter der Bildebene convergirt. Der Abstand der Mittelpunkte der grossen Kreise beträgt in ihr 48 Millim.

Die ganze Tafel ist aber so construirt, dass dieser Abstand in jeder nächst höheren Abbildung um 5 Millim. wächst. Gleichzeitig beträgt aber der Abstand der Mittelpunkte der kleinen Kreise immer

um 5 Millim. weniger, als der der grossen Kreise derselben Stufe, und ist mithin genau so gross, wie der Abstand der Mittelpunkte der grossen Kreise der vorhergehenden Abbildung. Beispielsweise führe ich an, dass in Abbildung 5 der Abstand von A^5 und B^5 = 68 Millim., von a^5 und b^5 = 63 Millim. ist, in Abbildung 4 aber der Abstand von A^4 und B^4 auch = 63 Millim. Dass gerade diese Zahlen gewählt wurden, hat seinen Grund darin, dass der Abstand der Augendrehpunkte bei Rollett 63 Millim., bei mir 68 Millim. beträgt, dass also Rollett bei Fig. 4, ich bei Fig. 5 den Parallelismus unserer Sehlinien erreicht haben, wenn wir ein Sammelbild der grossen Kreise sehen.

Erzeugt man sich nun zuerst von den untersten Figuren durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild, das den körperlichen Eindruck eines mit der Spitze nach vorne gerichteten abgegestumpften Kegels macht, und geht dann zur 2., 3., u. s. w. Figur über, indem man sich bemüht unmittelbar von einem Sammelbilde zum nächsten überzuspringen, so wird man bemerken, dass man leichter, als wenn man nur gerade Linien vor sich hat, diejenigen Figuren überschreitet, bei denen die Entstehung eines Sammelbildes parallele Sehlinien voraussetzt. Es ist mir nach wenigen Versuchen gelungen, von sämmtlichen Figuren dieser Tafel Sammelbilder zu erzeugen.

Als zusammenwirkende Momente den Refleximpuls auf die *Mm. recti externi* zu erhöhen sind anzusehen die Unerträglichkeit der nahe zur *Macula lutea* fallenden Doppelbilder, die hier erhöht ist durch die complicirteren Contouren der geometrischen Figuren im Gegensatz zu den einfachen Linien, die wir oben hatten, und der eben vorher empfundene Eindruck des Körperlichen, den das Sensorium aus den durcheinander laufenden Linien der sich nicht ganz deckenden Kreise wieder hervorzubilden strebt.

Man erleichtert sich das Fortschreiten von einem Kegel zum andern, wenn man bei jedem gewonnenen Sammelbilde eine kurze Zeit stehen bleibt. Das Festhalten des Sammelbildes geschieht mit einer gewissen Gewalt, die sich am besten daraus ergibt, dass man die Hände auslassen kann, wenn man nach der vorhergehenden Methode durch Druck auf die Bulbi ein Sammelbild erzeugt hat, ohne dass in demselben Momente die beiden zur Deckung gebrachten Doppelbilder wieder aus einander fahren.

Selbst wenn man schon eine beträchtliche Übung mit den Augen zu divergiren sich erworben hat und man versucht von zwei weiter als der Abstand der Augendrehpunkte von einander entfernten stereoskopischen Zeichnungen ein Sammelbild zu erzeugen, so geschieht das Auseinandertreten der Doppelbilder und das Aneinanderrücken der zur Deckung bestimmten anfangs nur langsam und schwierig. Sobald sich aber die zwei letzten mit ihren Contouren berühren, so gewinnt man ein Gefühl von Erleichterung, die Bilder schieben sich schneller über einander, bis endlich das letzte Stück förmlich wie mit einem Ruck, unwillkürlich, mit einer Art von Nöthigung und Zwang geschieht. Es ist dies ein Phänomen, welches sich bei mir auch jetzt noch jedesmal wiederholt.

Das erste Stück der Contraction, die erlernte willkürliche Muskelcontraction, geschieht mühsam; das letzte Stück, von dem man nach den Gesetzen der Physiologie erwarten sollte, dass es schwerer und langsamer erfolgte, geschieht leichter, wie spielend, weil unwillkürlich, durch Reflex.

Hat man es durch Übung dahin gebracht mit Sicherheit, wenn auch nur einen geringen Grad von Divergenz der Sehlinien willkürlich zu erreichen, so gibt es noch ein anderes Mittel diese Fähigkeit weiter auszubilden.

Je weiter man sich von einer stereoskopischen Zeichnung entfernt, die nur durch Divergenz zur Vereinigung gebracht werden kann, ein desto geringerer Divergenzwinkel ist nothwendig, dass es geschieht. Verfertigt man sich also eine grosse stereoskopische Zeichnung mit deutlichen breiten Contouren, so kann man sich von derselben so weit entfernen, bis der erforderliche Divergenzwinkel nicht grösser ist, als der erlernte. Nähert man sich dann allmählich dem Objecte, indem man das Sammelbild festzuhalten sucht, so wächst der erforderliche Divergenzwinkel mit jedem Schritte und die *Mm. recti externi* sind gezwungen sich immer mehr zu contrahiren.

Durch diese Methoden habe ich mir eine grosse Leichtigkeit erworben meine Augen willkürlich divergiren zu lassen. Ich habe mir nicht die Mühe gegeben den grössten Divergenzwinkel zu berechnen, den ich durch die eine oder die andere Methode erreicht habe, da es mir bisher gelungen ist jeden erreichten Grad durch Übung von wenigen Stunden noch zu überschreiten. Den Grund aber, dass es mir überhaupt so leicht geworden ist, sehe ich darin, dass

ich, mir selber unbewusst, schon willkürlich divergiren konnte, als ich es unternahm die Frage zu studiren, ob es überhaupt möglich sei mit divergenten Augenaxen einfach zu sehen.

Ich habe oben angegeben, dass der Abstand vieler käuflicher stereoskopischer Abbildungen von einander grösser ist, als der Abstand der Augendrehpunkte. Unter diesen waren aber einige, von denen ich mit Bestimmtheit wusste, dass ich sie erhaben und tief gesehen hatte, d. h. durch Convergenz vor und auch, wie ich meinte, hinter der Bildebene zur Deckung gebracht hatte. Aus der Vergleichung des Abstandes meiner Augendrehpunkte mit der Distanz der entsprechenden Punkte in den beiden Hälften der Zeichnung folgte aber, dass die zweite Deckung nur möglich gewesen war durch Divergenz meiner Sehlinien.

Ich führe dies an, weil vielleicht manchem, der sich mit Divergenzversuchen beschäftigt oder damit befassen wird, es ähnlich ergehen wird, wie mir.

Am Schlusse dieses Abschnittes will ich noch einer subjectiven Erscheinung erwähnen, die ich mit meinen Divergenzversuchen in Zusammenhang bringe. Ich bemerkte nämlich mit der Zeit, als ich mich vorzugsweise damit beschäftigte, möglichst stark zu divergiren, wenn ich las oder auf eine Tapete oder dergleichen sah, dass bald links, bald rechts im Gesichtsfelde an einer kleinen umschriebenen Stelle das Tapetenmuster oder die Buchstaben schwankten, sich verschoben, unruhig wurden und gleichzeitig an dieser Stelle eine blendende Helle auftrat. Bei geschlossenen Augen traten in ähnlicher Weise an eben so umschriebener, aber immer derselben Stelle zitternde Phosphene auf. Ich habe in der Beobachtung nichts auffinden können, was der Vermuthung wiederspräche, dass diese Erscheinungen von einer localen Reizung derjenigen Stelle der Retina herrühren, welcher gegenüber sich der *M. rectus externus* an die Sclera anschmiegt. Die ungewöhnte Verwendung der *Recti externi* würde also als Reiz auf die Retina gewirkt haben.

B. Resultate.

Im Abschnitt I wurde schon angegeben, dass ein bei divergenten Sehlinien hervorgerufenes Sammelbild zweier Fäden weiter entfernt scheine, als wenn die Sehlinien nur parallel zu sein brauchen oder gar convergiren müssen. Das Sammelbild zweier

nach oben aus einander weichender Darmsaiten setzte sich, scheinbar von bestimmter endlicher Entfernung ausgehend, in unveränderter Richtung in's Weite fort. Je weiter die zur Deckung gebrachten Punkte der Darmsaiten *re vera* aus einander lagen, desto weiter erschien dem Sensorium das Sammelbild entfernt, ohne Rücksicht darauf, ob die Sehlinien, um die Deckung hervorzubringen, convergiren oder divergiren müssten. Streng genommen, ist damit unsere Frage schon erledigt.

Die Sache ercheint jedoch, so paradox sie klingt, wichtig genug, um sie eingehender zu betrachten. Ich werde dazu die schon einmal gebrauchte und in ihrer Einrichtung oben erklärte Taf. III, die ich die Kegelscala nennen will, benützen.

1. Constatiren wir zuerst das Factum, dass zwei stereoskopische Zeichnungen auch dann in uns die Vorstellung eines körperlichen Gegenstandes hervorrufen, wenn wir von ihnen durch Divergenz der Sehlinien ein Sammelbild hervorbringen. Fig. 6—10 auf Taf. III, bei denen diese Bedingung erfüllt sein muss, wenn ein Sammelbild entstehen soll, erscheinen mir als abgestumpfte Kegel mit der abgestumpften Spitze nach vorn.

Der Grund liegt in Folgendem. Convergirt man für eine dieser Figuren vor der Bildebene, so erscheint ihr Sammelbild als Hohlkegel mit der Basis nach vorn. Jede Zeichnung wird auf der ungleichnamigen *Macula lutea* abgebildet. Denken wir uns vor jedes Auge, normal auf die Sehlinie, eine Glasplatte, wie sie Leonardo da Vinci in die Lehre von der Perspective eingeführt hat, während wir einen wirklichen Hohlkegel ansehen, so würden die Durchschnittspunkte der Projectionslinien mit der rechten Glasplatte eine Projection des Hohlkegels ergeben, die der linken Seite der Figur entspricht, auf der linken Glastafel erschiene eine Projection, die der rechten Seite der Figur ähnlich ist.

Gerade das Umgekehrte tritt ein, wenn ich für eine der Figuren 1—4 hinter der Bildebene convergire und ein Sammelbild erhalte. Dann wird die rechte Seite der Figur auf der rechten *Macula lutea*, die linke Seite auf der linken *Macula lutea* abgebildet.

Ich glaube also im ersten Falle einen Trichter, im zweiten einen Kegel zu sehen, weil ich im ersten den entsprechenden Augen die perspectivischen Ansichten eines Trichters, im zweiten Falle die eines Kegels darbiete.

Bei divergirenden Sehlinien findet nun dasselbe Statt, wie im zweiten Falle. Die beiden Seiten der Fig. 6 — 10 werden in den gleichnamigen Augen auf die *Macula lutea* fallen. Das Sensorium ignorirt es, dass ich dazu die Sehlinien divergent stellen muss, und combinirt sich aus den beiden verschiedenen Bildern die Vorstellung eines Kegels.

Das Paradoxe der ganzen Erscheinung tritt aber sogleich hervor wenn man sich wieder auf die Glastafeln des Leonardo da Vinci bezieht. Beim stereoskopischen Sehen mit convergirenden Sehlinien erregen die an sich verschiedenen Bilder in beiden Augen die Vorstellung eines körperlichen Gegenstandes, von dem, wenn er in bestimmter Grösse und an einem ebenso bestimmten Orte im Raume wirklich vorhanden wäre, sich auf den Glastafeln zwei Projectionen ergeben würden, die mit den stereoskopischen Zeichnungen identisch sein würden. Man kann für diesen Fall denselben Effect hervorbringen durch Substituirung der zusammenwirkenden (stereoskopischen) perspectivischen Zeichnungen durch einen reellen Körper von bestimmter Grösse an bestimmtem Orte im Raume. Die stereoskopischen Zeichnungen sind substituirbar durch einen Körper, wenn die Sehlinien convergiren.

Beim stereoskopischen Sehen mit divergirenden Sehlinien lassen sich die stereoskopischen Zeichnungen nicht durch einen reellen Körper ersetzen. In diesem Falle hören die Zeichnungen, welche eine stereoskopische Wirkung hervorrufen, auf, Projectionen zu sein. Ich kann mir weder einen Körper denken von bestimmter Gestalt, noch seine Grösse berechnen, noch den Ort ausfindig machen, an dem ich ihn stellte, dass von ihm auf den Glastafeln Leonardo's sich zusammengehörige Projectionen entwerfen würden, welche den gegebenen Zeichnungen entsprächen.

Wenn das Sammelbild durch Divergenz der Sehlinien entstehen muss, sind die den stereoskopischen Effect hervorbringenden Zeichnungen nicht substituirbar durch einen Körper.

2. Bleibt man nicht wie im vorhergehenden Falle bei einer oder der andern Zeichnung, sondern lässt man den Blick von unten nach oben und von oben nach unten die Scala durchwandern, indem man immer sich bemüht, das in der Mitte stehende Sammelbild festzuhalten, so gelingt es bald, ohne Unterbrechung von Kegel zu

Kegel fortzuschreiten. Der allgemeine Eindruck ist der, dass man in wenig Augenblicken in ungeheure Fernen sich vertieft und eben so spielend und rasch zu unserer kleinen Endlichkeit zurückkehrt. Natürlich erscheinen die ferner liegenden Kegel grösser, als die näheren, und gebraucht man zu dem Versuche eine Kegelscala, die mit schwarzen Contouren auf Glas gezeichnet ist, so nimmt die Grösse der einzelnen Kegel durch den Vergleich mit fernen endlichen Gegenständen, die man durch das Glas hindurch sieht, bei wiederholtem Auf- und Absteigen in's Ungeheure zu. Der Versuch ist in dieser Form so schön, dass diese kleine Abschweifung entschuldigt werden möge.

Analysirt man die Erscheinung unter Anwendung der auf Papier gezeichneten Kegelscala, bei welcher der Vergleich mit der uns umgebenden Welt ausfällt, so bemerkt man dabei Folgendes:

a) Das Sammelbild — der Kegel — der Fig. 1 ist grösser, als die zur Seite stehenden Doppelbilder und liegt weiter vom Auge entfernt, als diese.

b) Jedes höher stehende Sammelbild — Kegel — erscheint grösser, als das vorhergehende, und scheint entfernter zu liegen, als das vorhergehende.

c) Man unterscheidet genau, dass immer der kleine Kreis des zunächst höher stehenden Sammelbildes in einer Ebene, in gleicher Entfernung vom Auge, mit dem grossen Kreise des zunächst tiefer stehenden Kegels sich befindet; und man erkennt eben so unzweifelhaft, dass in jedem Sammelbilde der relative Abstand der Basis des Kegels — des grossen Kreises — von der abgestumpften Spitze — dem kleinen Kreise — von unten nach oben zu stetig wächst.

d) Man hat durchaus kein Bewusstsein oder Gefühl davon, bei welchem Sammelbilde man den Parallelismus der Sehlinien erreicht hat, und wo die Divergenz beginnt.

Alle Erscheinungen sind mit einem Worte gerade so, als hätte man dieselbe Tafel in kleinerem Massstabe vor sich, wo der Abstand der Mittelpunkte der grossen Kreise den Abstand der Augendrehpunkte nicht erreichte.

Die unter *c* angegebene Erscheinung erklärt sich aus der bekannten Einrichtung der Figur, indem man, da die Mittelpunkte der kleinen Kreise der zunächst höher stehenden Figur genau denselben Abstand von einander haben, wie die Mittelpunkte der

grossen Kreise der darunter stehenden, denselben Con- oder Divergenzgrad nöthig hat, um beide zur Deckung zu bringen.

Alle anderen Erscheinungen sind für convergente Sehlinien schon bekannt. Sie wurden hier nur ausdrücklich hervorgehoben, weil es sich darum handelte, festzustellen, dass sie bei stereoskopischem Sehen mit divergenten Sehlinien ebenfalls stattfinden.

So wenig man sich entschieden bewusst wird, wann der scheinbare Ort des Sammelbildes die Unendlichkeit erreicht, in unendlicher Entfernung sich befindet, eben so wenig drängt sich irgend eine Vorstellung von besonderer Grösse des Sammelbildes auf.

Ich urtheile mit grosser Sicherheit, dass jeder folgende Kegel grösser erscheint, als der vorhergehende, aber nie erscheint mir ein einzelner, auch bei noch so divergenten Sehlinien besonders gross, so lange ich nicht die Kegelscala auf Glas zur Hand nehme und dadurch einen Vergleich mit bekannten endlich grossen Gegenständen in bekannten Entfernungen ermögliche. Unsere Vorstellung von der Grösse eines Gegenstandes ist ein Product aus der Flächenausbreitung des Netzhautbildes und der Vorstellung über die Entfernung des Gegenstandes. Der Ausblick in weite Entfernungen wird aber beim angeführten Versuche durch die Vorstellung von dem nahe gehaltenen undurchsichtigen Papier psychisch compensirt.

Damit hängt zusammen, dass unter Anwendung der auf Glas gezeichneten Kegelscala der scheinbare Grössenunterschied der Kegel sich präciser dem Bewusstsein aufdrängt, je länger ich sie betrachte, je mehr ich endlich entfernte Gegenstände mit den Kegeln vergleiche, je häufiger ich die Scala hinauf und herabsteige. Je länger ich das thue, desto schärfer wird mein Urtheil über die Entfernung.

3. Ein Urtheil über Entfernung, über Tiefendistanz, über die dritte Dimension bleibt uns aber auch bei divergenten Sehlinien.

Divergenz der Sehlinien ist bedingt durch eine Contraction der *M. recti externi*, der Grad der Con- oder Divergenz hängt ab von dem Grade der Contraction der *M. recti externi* und ihrer Antagonisten der Interni.

Die Zusammengehörigkeit dieser Muskeln ist eine doppelte. Bei seitlichen Augenbewegungen sind der *M. rectus externus* des einen und der *M. rectus internus* des anderen Auges associirte Muskeln, die beiden anderen ihre Antagonisten. Durchläuft der Blick hinter

einander liegende Punkte der Medianebene, so sind die *M. recti interni* associirt und die unter sich synergisch wirkenden *M. recti externi* ihre Antagonisten.

Während also die *M. recti superiores* und *inferiores* immer in derselben Association zum Messen der Höhendimension verwandt werden, haben die Interni und Externi in wechselnder Combination ihrer Wirkung die doppelte Aufgabe Rechenschaft zu geben: 1. von der seitlichen Dimension und 2. von der Tiefendistanz.

Man hat die Mitwirkung der *M. recti externi* bei der Veränderung der Convergenz der Sehlinien bisher vielleicht zu gering angeschlagen. Wenn man aber bedenkt, dass die Führung je einer Augenaxe in der Visirebene nur durch eine Wechselwirkung beider Muskeln möglich ist, so wird auch klar, dass ein Aufhören in der Contraction eines Internus so lange noch keine Veränderung in der Stellung des Bulbus hervorbringen wird, als nicht der entsprechende Externus in Activität tritt.

Nehmen wir nun den Fall, dass die Sehlinien beider Augen von einem hohen Convergenzgrade allmählich, aber stetig zu immer geringeren, dann in den Parallelismus und endlich zu schwächeren und immer höheren Divergenzgraden übergehen, so haben wir es bei dem ganzen Vorgange mit nichts anderem, als mit einer stetig zunehmenden Contraction der *M. recti externi* zu thun. Ich betone ausdrücklich, dass nicht blos Divergenz der Sehaxen durch gleichzeitige Contraction der *M. recti externi* hervorgerufen wird, sondern dass auch jedesmal, wenn die Augen aus einem höheren in einen geringeren Convergenzwinkel übergehen, dies eine Wirkung der Externi ist, während jedes Heranrücken des Convergenzpunktes an die Grundlinie durch die Interni bewirkt wird.

Kann man sich da wundern, dass die Art der Vorstellung, welche mit einem Wechseln der Convergenz der Sehlinien verbunden ist, sich gleich bleibt, wenn durch künstlich geschaffene Verhältnisse die *M. recti externi* gleichzeitig zu stärkerer Contraction veranlasst werden, als unter normalen Verhältnissen je von ihnen verlangt wird?

4. Ich will nicht unterlassen darauf hinzuweisen, in wie hohem Grade die Kegelscala den natürlichen Verhältnissen nicht entspricht. Amon richtige stereoskopische Zeichnung trägt in sich schon die Amplitude der Convergenzwinkel, unter denen sie allein angesehen

werden darf, um als stereoskopischen Effect den Körper zu geben, aus dessen Projectionen sie besteht. Die Projectionen sind unter einem bestimmten Winkel aufgenommen, unter demselben Winkel müssen sich die Sehlinien im Mittelpunkte des Sammelbildes schneiden, um den ursprünglichen körperlichen Effect zu reproduciren. Für alle verschiedenen Augenstellungen und Objectabstände muss also von demselben Gegenstande je einem Auge eine andere Zeichnung vorgelegt werden.

Schon Wheatstone macht in seinem ersten Aufsatze (Poggendorff's Annalen, I. Supl. Bd.) darauf aufmerksam, dass von einem unendlich entfernten Gegenstande die Projectionen für beide Augen gleich ausfallen müssen. Aus unendlicher Entfernung sieht man einen Würfel mit jedem Auge als Quadrat. In der Wirklichkeit hört also bei unendlich entfernten Gegenständen die Schätzung einer Tiefendistanz auf binoculärem Wege auf.

In der Kegelscala dagegen biete ich für alle verschiedenen Con- und Divergenzwinkel den Augen immer dieselben Zeichnungen. Was geschieht? Die beiden Kreise werden nie zu derselben Zeit zur Deckung gebracht, die kleinen immer bei grösserer Convergenz oder geringerer Divergenz, als die grossen. Man erhält also nothwendiger Weise eine Vorstellung von einem Tiefenabstande zwischen den Sammelbildern der kleinen und der grossen Kreise, auch wird der relative Abstand beider Sammelbilder mit Abnahme der Convergenz und Zunahme der Divergenz (v. Abschnitt I. p. 56 und 57) grösser. Ich habe immer die Vorstellung, als ob ich irgendwo ausser mir einen Körper von einer bestimmten scheinbaren Grösse sähe. Ich unterscheide, dass das eine Sammelbild vor dem andern liegt. Da aber unter allen Zeichnungen keine einzige ist, die als Projection eines unendlich entfernten Kegels gelten könnte, so habe ich, wenn ich nicht, wie bei der Scala auf Glas, mit endlichen Entfernungen vergleiche, keine Ahnung, dass der scheinbare Ort des Sammelbildes der Fig. 5 in der Unendlichkeit liege.

Man sieht, dass wir es hier mit wesentlich anderen Verhältnissen zu thun haben, als bei dem im ersten Abschnitte mitgetheilten Versuche mit den geneigten Fäden. Dort, wo es sich darum handelte, Reihen von Punkten, eben die Fäden, zur Deckung zu bringen und den Ort anzugeben, an welchen wir das Sammelbild je zweier versetzen, konnte man durch Vergleichung mit endlich entfernten

Gegenständen unwiderlegliche Beweise herleiten für den Satz, dass das Sensorium ein Sammelbild an den Ort versetzt, in welchem die Sehlinien convergiren. Hier haben wir es mit lauter der Erfahrung nicht entsprechenden, stereoskopisch gesehenen Körpern zu thun und können, glaube ich, diese paradoxen Erscheinungen dazu benützen, den Satz auszusprechen, dass überhaupt und allgemein die dritte Dimension zum Bewusstsein kömmt, sobald sich entweder die *M. recti interni* oder die *M. recti externi* synergisch und die einen als Antagonisten der anderen contrahiren.

Kleine chemische Mittheilungen.

Von **Dr. A. Bauer.**

---

1. Reaction des Amylenoxydes auf Wasser und auf Amylglycol.

Wurtz [1]) hat gezeigt, dass das Äthylenoxyd mit Wasser erhitzt in mehreren Verhältnissen mit demselben sich zu verbinden im Stande ist und bei dieser Gelegenheit die polyäthylenigen Glycole deren erster von Lourenço [2]) entdeckt wurde, entstehen.

Mit dem näheren Studium des Amylenoxydes, dessen Existenz ich kürzlich nachgewiesen [3]) hatte, beschäftiget, unternahm ich es auch die Einwirkung desselben auf Wasser zu studiren um dadurch die den polyäthylenigen Glycolen homologen polyamylenigen Glycole darzustellen.

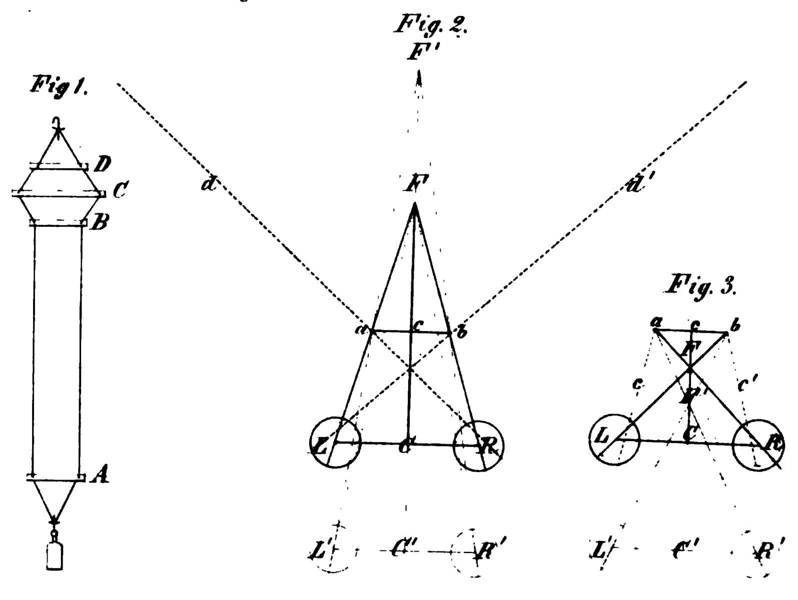
Ich habe zu dem Ende Amylenoxyd mit Wasser in eine Röhre eingeschmolzen und diese dann durch mehrere Tage in einem Wasserbade der Temperatur von 100° C. ausgesetzt, die beiden Substanzen reagirten jedoch in keiner Weise auf einander. Ich setzte hierauf das Gemenge von Amylenoxyd und Wasser einer Temperatur von 160 — 170° C. im Ölbade aus, ohne jedoch ein günstigeres Resultat zu erlangen.

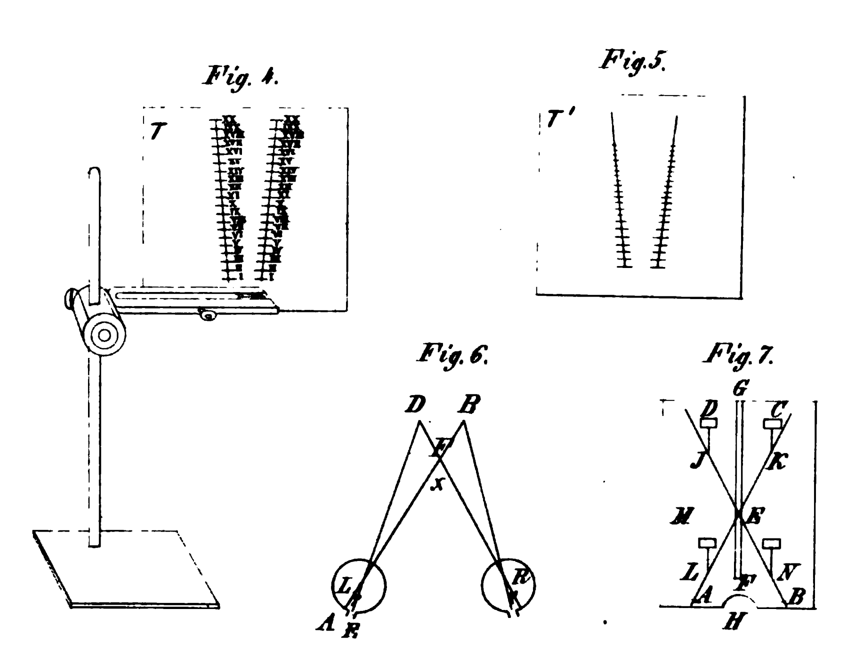
---

[1]) Annales de Chimie et de Physique 3. sér. T. LV.

[2]) Comptes rendus. 1860. I. 607.

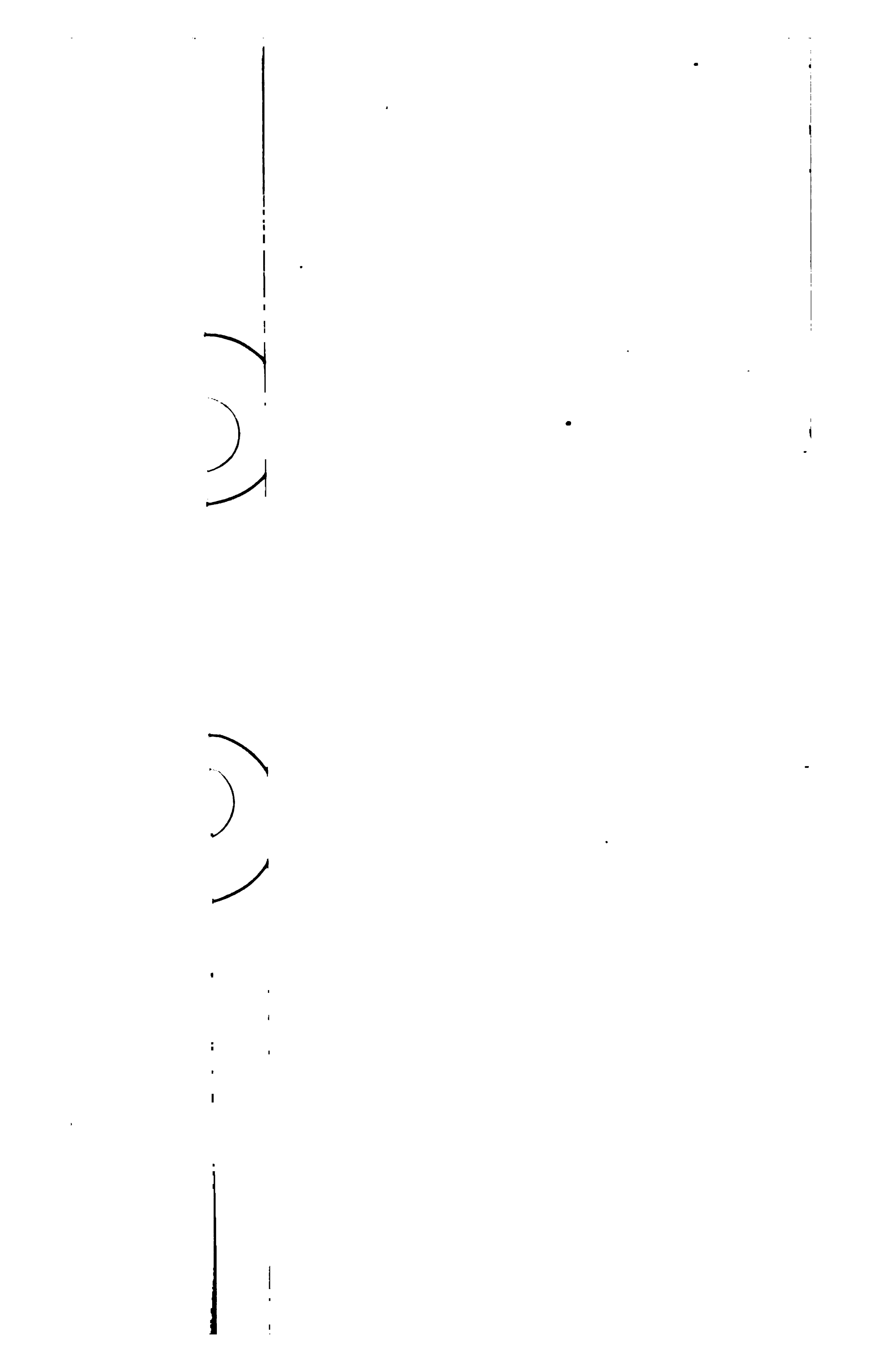
[3]) Comptes rendus. 1860. 2. 500.





Aus d. k.k. Hof- u. Staatsdruckerei







Da aber das Amylenoxyd mit Wasser nicht mischbar ist, während das Äthylenoxyd sich in allen Verhältnissen im Wasser auflöst, so ist es erklärlich, dass die Vereinigung dieser beiden Substanzen schwerer erfolgen kann als die Vereinigung des Athylenoxydes mit Wasser. Ich versuchte daher einen anderen Weg, um zu dem gewünschten Ziele zu gelangen.

Wurtz[1]) hatte nachgewiesen, dass die Bildung von polyäthylenigen Glycolen auch dann erfolgt, wenn man ein Gemenge von Glycol und Äthylenoxyd durch längere Zeit der Temperatur von 100° C. im Wasserbade aussetzt. Es war demnach höchst wahrscheinlich, dass es auf diese Weise gelingen werde die polyamylenigen Glycole darzustellen und zwar um so mehr als das Amylenoxyd in allen Verhältnissen mit Amylglycol mischbar ist.

Der Versuch wurde auf folgende Art ausgeführt. Ein Gemenge von mehreren Grammen Amylenoxyd und einer entsprechenden Menge reinem zweimal rectificirten Amylglycol wurde in zwei Röhren vertheilt und diese dann zugeschmolzen.

Die eine dieser Röhren wurde durch sechs Wochen im Ölbade auf eine Temperatur von 150° erwärmt, die andern hingegen durch zwei Monate der Hitze eines Wasserbades ausgesetzt.

Nach Ablauf der angegebenen Zeit zeigten beide Röhren dasselbe Ansehen. In beiden hatten sich die Flüssigkeiten in zwei Schichten getrennt, die obere war dickflüssig und etwas gebräunt· die untere hingegen war wasserhell. An den Wendungen der Röhren waren kleine Mengen eines festen gelatinösen Körpers abgeschieden und zwar war von demselben in der im Ölbade erhitzten Röhre mehr vorhanden als in jener Röhre, die einer Temperatur von 100° C. im Wasserbade ausgesetzt war. Die Flüssigkeiten wurden nach dem Aufbrechen der Röhren herausgenommen und die beiden Schichten mittelst eines Trichters von einander getrennt. Die untere Schichte war nichts anderes als Wasser, welches in der im Ölbade erhitzten Röhre eine Spur, in der im Wasserbade erhitzten aber etwas mehr von Amylglycol aufgelöst enthielt.

Die obere Schichte wurde der fractionirten Destillation unterworfen.

---

[1]) Répertoire de Chimie pure Juin 1861

Die grösste Menge desselben ging bei 95° C. über und erwies sich als reines Amylenoxyd.

Nachdem dieser Körper abdestillirt war, stieg das Thermometer sehr rasch bis über 200° und unter Schwärzung des Rückstandes gingen einige Tropfen einer sehr dicken Flüssigkeit über, die geruchlos war und sich mit Wasser nicht mischen liess. Die Analyse ergab Resultate, welche nahezu mit der für die Formel des Amylenglycols

$$\left.\begin{matrix} C_5H_{10} \\ C_5H_{10} \\ C_5H_{10} \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_3$$

berechneten Zusammensetzung übereinstimmen.

Die Menge des erhaltenen Körpers war zu gering, um die Existenz dieser Verbindung mit einiger Sicherheit aussprechen zu können. Noch weniger ist es möglich über die Zusammensetzung des oben erwähnten festen Körpers, der sich an den Wandungen des Glasrohres abgesetzt hatte, sich zu äussern. Ich überzeugte mich nur, dass er eine sehr kohlenstoffreiche Verbindung ist, und halte es für sehr wahrscheinlich, dass er dem Wurtz'schen dreifach Äthylenglycol homolog, also dass er dreifach Amylenglycol

$$\left.\begin{matrix} C_5H_{10} \\ C_5H_{10} \\ C_5H_{10} \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$$

ist.

Die Hauptreaction jedoch, welche bei der Einwirkung von Amylenoxyd auf Amylglycol vor sich geht, ist jedenfalls die, dass der Amylglycol zerlegt und mithin Wasser ausgeschieden wird, wie aus folgender Gleichung ersehen werden kann:

$$\left.\begin{matrix} C_5H_{10} \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2 + C_5H_{10}O = 2\,(C_5H_{10}O) + H_2O.$$

Um zu entscheiden ob der Amylglycol für sich erhitzt nicht schon jene Zerlegung zu erleiden fähig ist, wurde reiner Amylglycol in eine Röhre eingeschmolzen, während zwei Monate im Ölbade einer Temperatur von nahezu 200° C. ausgesetzt, ohne dass nach dem Verlaufe dieser Zeit mit Ausnahme einer schwachen Bräunung irgend eine Zersetzung an demselben hätte wahrgenommen werden können.

2. Über die Einwirkung von Chlorzink auf wasserfreie Essigsäure.

Ich hatte zufällig Gelegenheit zu beobachten, dass wasserfreies geschmolzenes Chlorzink mit Essigsäureanhydrid zusammengebracht auf letzteres ziemlich heftig einwirkt.

Es schien mir von einigem Interesse zu sein, diese Reaction näher zu studiren, da es einerseits nicht unmöglich war, dass hierbei ein Chlorsubstitutionsproduct der Essigsäure gebildet werde und andererseits schien es sehr wahrscheinlich zu sein, dass die Essigsäure wenigstens theilweise in eine isomere Modification umgewandelt werde.

Um über diesen Gegenstand in's Klare zu kommen, wurde die wasserfreie Essigsäure, welche durch Einwirkung von Chloracetyl auf essigsaures Natron erhalten war, mit etwas gepulvertem festen Chlorzink in eine Glasröhre eingeschmolzen und der Temperatur von 100° in einem Wasserbade ausgesetzt.

Es trat sehr bald eine dunkle Färbung der Essigsäure ein, welche sich immer mehr und mehr steigerte und im Verlaufe von einigen Stunden sah man deutlich, dass sich ein schwarzbraun gefärbter Körper abgesetzt hatte.

Die Röhre wurde nun aus dem Wasserbade herausgenommen, aufgebrochen und der Inhalt der fractionirten Destillation unterworfen.

Das Thermometer erhob sich rasch auf 100° und stieg, nachdem es unter Destillation von Wasser einige Zeit bei dieser Temperatur stationär geblieben war, auf 115° C., bei welcher Temperatur die Hauptmasse der Flüssigkeit abdestillirte; das Thermometer stieg nun wieder auf 137° und es ging der Rest der Flüssigkeit, unveränderter Essigsäureanhydrid, bei dieser Temperatur über.

Die Flüssigkeit, welche bei 115° übergegangen war, ist nichts anderes als Essigsäurehydrat, wie die folgenden Analysen darthun, deren Resultate durch den Siedepunkt der Flüssigkeit bestätiget und durch die Bestimmung der Dampfdichte controlirt wurden.

I. 0·624 Grm. Substanz geben 0·384 Grm. Wasser und 0·9 Grm. Kohlens.
II. 0·785 „ „ „ 1·134 „ Kohlens. „ 0·492 „ Wasser.

	Berechnet.		Gefunden. I.		Gefunden. II.
C_2	40	—	39·39	—	39·33
H_4	66	—	6·96	—	6·83
O_2	533	—	—	—	—
	100				

Der bei der oben beschriebenen Destillation in dem Destillationsgefäss gebliebene Rückstand wurde auf ein Filter geworfen und durch Waschen mit Wasser von dem anhaftenden Chlorzink getrennt. Nach dem Trocknen erschien der am Filter gebliebene Körper als eine schwarzbraune leichte pulverförmige Masse, welche bei 100° C. getrocknet und der Analyse unterworfen, folgende Resultate ergab:

0·29 Grm. Substanz gaben 0·7355 Grm. Kohlensäure und 0·12 Grm. Wasser.

	Berechnet.		Gefunden.
C_4	72·72	—	72·2
H_2	3·03	—	3·5
O	24·24	—	—
	100		

Dieser Körper gehört somit in die Reihe der von **Mulder** näher studirten Humuskörper und mag mit Rücksicht auf seinen Aggregationszustand wohl der Formel $C_{20}H_{10}O_5$ entsprechen.

Die Reaction des Chlorzinkes auf wasserfreie Essigsäure lässt sich demnach durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$2\left(\begin{matrix}C_2H_3O\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O\Big) = 2\left(\begin{matrix}C_2H_3O\\H\end{matrix}\right\}O\Big) + H_2O + C_4H_2O.$$

Es muss schliesslich noch erwähnt werden, dass Essigsäurehydrat mit wasserfreiem Chlorzink in eine Röhre eingeschmolzen und durch mehrere Stunden im Wasserbade oder auch im Ölbade auf eine Temperatur von 150—160° C. erhitzt, gar nicht verändert wird.

Die hier beschriebenen Versuche wurden im Laboratorium des Herrn Prof. **Schrötter** ausgeführt.

XIV. SITZUNG VOM 16. MAI 1861.

Herr Dr. A. Boué spricht über Krystallformen des Eises, welche er im vergangenen Winter in der Donau zu beobachten Gelegenheit hatte.

Prof. Schrötter macht eine Mittheilung über das nach der Angabe von Mousson vereinfachte Instrument zur Spectralanalyse, bei welchem die Linien im Spectrum mit freiem Auge beobachtet werden und zeigt ein in der Werkstätte des k. k. polytechnischen Institutes construirtes derartiges Instrument, das, wenn es auch den Apparat von Kirchhoff und Bunsen nicht entbehrlich machen wird, doch einen willkommenen Ersatz für jene bieten dürfte, die nicht in der Lage sind den vollständigen Apparat sich anschaffen zu können.

Herr Regierungsrath Ritter v. Ettingshausen knüpft hieran die Bemerkung, er habe schon vor langer Zeit in seinen Vorträgen darauf aufmerksam gemacht, dass man die Fraunhofer'schen Linien im Spectrum mit freiem Auge, ohne Hilfe eines anderen optischen Apparates sehen könne.

Herr Prof. Petzval überreicht eine Abhandlung: „Theorie der Pendelabweichung" von Herrn Karl Jelinek, Professor der Mathematik zu Pressburg.

Die k. k. Gelehrten-Gesellschaft zu Krakau übermittelt die ersten 4 Bände der neuen Reihe ihres „Jahrbuches" und stellt das Ansuchen um Schriftentausch.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, königl. bayerische, zu München. Sitzungsberichte. 1860, 4. und 5. Heft. München, 1860; 8°.

Akademie der Wissenschaften, königl. preuss., zu Berlin, Monatsbericht. Januar 1861. Mit einer Tafel. Berlin, 1861; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. I. Supplementband. 1. Heft. Leipzig und Heidelberg, 1861; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1309. Altona, 1861; 4°.

Austria, XIII. Jahrgang, XIX. Heft. Wien, 1861; 8°.

Berlin, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1860/61. Berlin, 1860 und 1861; 4°.

Cosmos, Xe Année, 18e Volume, 19e Livraison. Paris, 1861; 8°.

Gesellschaft, physikalisch-medizinische, zu Würzburg, Würzburger medizinische Zeitschrift. II. Band, 2. Heft. Mit 2 lithographirten Tafeln. Würzburg, 1861; 8°.

— St. Gallische naturwissenschaftliche, Bericht über deren Thätigkeit während der Vereinsjahre 1858—60. St. Gallen, 1860; 8°.

Gewerbe-Verein, niederösterreichischer, Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1860, 11. und 12. Heft. Wien, 1861; 8°.

Heidelberg, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften für das Jahr 1860/61. Karlsruhe, Frankfurt a./M. und Heidelberg. 1846, 1860 und 1861; 8°., 4°. und Fol.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XI. Jahrgang, Nr. 14. Wien, 1861; kl. 4°.

Lehmann, Anfrage an die praktischen Astronomen wegen eines theoretischen Bedenkens, die Beobachtungen Saturn's gegen die Zeit seiner Quadratur betreffend. 4°.

Rocznik ces. król. towarzystwa naukowego Krakowskiega, Poszet trzeci. Tom. I—III. (Ogólnego zbioru XXIV—XXVI). W Krakowie, 1858—1859; 8°.

Société géologique de France, Bulletin. 2e série, tome XVIII. Feuilles 7—12. Paris, 1860 à 1861; 8°.

— philomatique de Paris, Extraits des procés-verbaux des séances pendant l'année 1860; 8°.

Spiller, Ph., Neue Theorie der Elektricität und des Magnetismus in ihren Beziehungen auf Schall, Licht und Wärme. 3. erweiterte Auflage mit 5 Figuren im Texte. Berlin, 1861; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift. XI. Jahrgang, Nr. 18 und 19. Wien, 1861; 4°.

Bericht der Commission über die astronomische Preisfrage.

(Aus der Sitzung vom 22. Mai 1861.)

Für die von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zuerst im Jahre 1854 ausgeschriebene, dann im Jahre 1857 wiederholte Preisaufgabe:

„Es sind möglichst zahlreiche und möglichst genaue photometrische Bestimmungen von Fixsternen in solcher Anordnung und Ausdehnung zu liefern, dass der heutigen Sternkunde dadurch ein bedeutender Fortschritt erwächst"

sind drei Concurrenzarbeiten rechtzeitig eingegangen:

I. Mit dem Motto: „Δεῖ ἐλευθέριον εἶναι τῃ γνώμῃ τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν".

II. „ „ „ „Ich messe mit scharfem Mass das Licht aller Sterne des Himmels von der glänzendsten Sonne bis zum schwächsten Lichtpunkt".

III. „ „ „ „Gutta cavat lapidem".

Die erste Abhandlung, mit dem griechischen Motto, trägt den Titel: „Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels" und lässt daher von vornherein manchen ausser den Bereich der Preisfrage fallenden Inhalt erwarten. Nach einer längeren Einleitung, welche allgemeine, der gestellten Aufgabe ferner liegende Betrachtungen, von mitunter zweifelhafter Begründung enthält, wird eine Reihe von Begriffen: Reizbarkeit des Auges, Intensität u. s. w. definirt, dann eine ziemlich unvollständige Kritik der bisherigen Photometer, endlich die umständliche Beschreibung des Apparates gegeben, den der Verfasser sich ausgedacht, und der im Wesentlichen auf Vergleichung einer constanten, künstlichen Lichtquelle

mit Sternen durch polarisirende Vorrichtungen beruht. Der Apparat ist sinnreich angeordnet und bisher in gleich vollkommener Ausführung, so viel den Unterzeichneten bekannt, nirgends vorhanden; es muss jedoch, — selbst abgesehen von der Schwierigkeit und Umständlichkeit der Erzeugung einer beständigen Flamme, und von den Einwendungen, die man vielleicht gegen die Zugrundelegung des Polarisationsprincipes überhaupt machen kann, — hier ausdrücklich hervorgehoben werden, dass gegen die fragliche Vorrichtung in Bezug auf bequeme und sichere Handhabung mancherlei gegründete Bedenken obwalten, wie namentlich die Nothwendigkeit eines Oculares von übergrosser Brennweite, also äusserst schwacher Vergrösserung, so wie das Horizontalstativ, dessen sich der Verfasser nach der Anordnung seines Apparates bedienen muss. Das mit der Vorrichtung verbundene auf circuläre Polarisation basirte Colorimeter ist eine scharfsinnige Beigabe, und wohl der erste Versuch, die hier so wichtige Elimination des Einflusses der Sternfarben vorzunehmen. Für den constanten Lichtpunkt ist eine Gasflamme in zweckmässiger Weise benützt. Die Prüfung des Instrumentes wurde mit Umsicht angestellt und gab im Allgemeinen ganz befriedigende Resultate, wenn gleich auf die individuellen Einflüsse näher einzugehen wäre, als hier geschah. Nach dieser Verification des Instrumentes werden wieder einige der wirklichen Aufgabe fremdere Dinge besprochen, wie: Photometrie der Nebelflecken und Planeten, Ableitung eines Mikrometers aus obigem Apparate etc. Die nun folgenden auf zwanzig Seiten zusammengestellten Ergebnisse von Messungen, die der Verfasser ausgeführt hat und welche die eigentliche Antwort auf die Preisfrage enthalten sollen, umfassen nur 226 Sterne 1. — 6. Grösse. Diese Zahl ist ohne irgend einen bestimmt hervortretenden Plan aus den mit freiem Auge sichtbaren Sternen genommen, und die Helligkeiten sind nicht, wie dies so wünschenswerth gewesen wäre, alle auf die Helligkeit eines bestimmten Sternes bezogen. Der Grund hievon liegt wohl darin, dass der Verfasser in der Absicht, die Untersuchung der Extinction zu umgehen, die Sterne gruppenweise mit einander verglich, so dass in derselben Gruppe nur einander nahe, ziemlich in gleicher und bedeutender Höhe befindliche Sterne vorkommen. Farbenunterschiede endlich sind ganz unberücksichtigt gelassen, das vom Verfasser selbst erdachte Colorimeter ist also nicht in Anwendung gebracht. Ein Anhang gibt zwar noch auf zwei Seiten

colorimetrische Bestimmungen von etwa einem Duzend Sterne, die aber eben nur als Beispiele dienen können. Den Schluss bilden Darlegungen von Ansichten des Verfassers über die Farbe der Sonne und der Doppelsterne, die allerdings hier wieder als Allotria gelten müssen. Die Methode des Verfassers lieferte ihm übrigens neun vollständige Helligkeitsbestimmungen in je zwei Stunden.

Das Ganze kennzeichnet sich als eine interessante Reihe von Vorversuchen mit neuen Vorrichtungen, entspricht aber den Hauptpunkten der Preisfrage zu wenig, um als genügend gelten zu können. In der That hat der Verfasser wenig mehr als ein Jahr gearbeitet, während über sechs Jahre Zeit gegeben war. Immerhin aber hat die Arbeit in mehrfacher Beziehung unleugbaren Werth.

Die zweite Abhandlung, mit dem deutschen Motto, beginnt mit der Beschreibung des gebrauchten Instrumentes, das der Hauptsache nach auf dem Principe der Abblendung, verbunden mit zweckmässiger Änderung der Brennweite durch eine verschiebbare Collectivlinse beruht, sehr angemessen und bequem ist, besonders aber den grossen Vortheil bietet, sich auf Sterne der verschiedensten Grösse gleich gut anwenden zu lassen. Die Einwendungen, die man gegen das Princip der Abblendung machen kann, scheinen hier behoben. Die Elimination des Hintergrundes wird wie bei dem Steinheil'schen Objectiv-Photometer bewerkstelligt. Wenn man auch im weiteren Verlaufe der Arbeit bei einzelnen Punkten wie §. 16 (Berücksichtigung des ungleichen Lichtverlustes in beiden Fernröhren), §. 20 u. ff. (Bestimmung der Extinctionscoëfficienten, für welchen Zweck zu wenige Beobachtungen benützt sind) nicht von des Verfassers Meinung wäre, so ist doch alles so klar und praktisch angeordnet, dass man den auf diesem Wege überhaupt zu erzielenden Resultaten das Vertrauen nicht entziehen kann. Die Untersuchung über das Gesetz der bisherigen sogenannten „Sterngrössen" ist sehr interessant, wenn gleich nicht eigentlich im Bereiche der Preisfrage liegend und noch besonders in der Beziehung unvollständig, dass Grössenschätzungen verschiedener Beobachter für grosse und kleine Sterne zur Vergleichung beigezogen wurden. Die Verification des Instrumentes ist scharfsinnig angeordnet, einfach und doch völlig genügend, auch in Bezug auf subjective Unterschiede der verschiedenen Beobachter, deren hier im Ganzen sechs thätig waren. Sehr wünschenswerth wäre eine genaue Beschreibung des Registrir-Apparates,

dessen der Verfasser in den Zusätzen erwähnt. Die vom Verfasser wirklich abgeleiteten Resultate, also die eigentlich von der Preisfrage geforderten Leistungen beschränken sich leider auf ein paar hundert Sterne (genauer 177 Sterne, wovon 120 von 1. bis 4. 5. Grösse, 57 von 4., 5. bis 9. Grösse) grösstentheils in der Nähe des Nordpoles, übrigens ohne bestimmte Anordnung; es sind indessen darunter und gewiss mit der Absicht, die weiten Grenzen für die Verwendbarkeit dieses Photometers zu zeigen, Sterne von allen Classen der 1. bis 9. Grösse vertreten. Mehrere sind vielfach verglichen, z. B. Capella mit γ Cassiopejae nahe dreissigmal und ist hierdurch ein sicheres Mittel an die Hand gegeben, die Beobachtungsmethode und die Leistungsfähigkeit des Instrumentes zu erproben. Die daraus hervorgehende Zuverlässigkeit der Messungen ist eine sehr anerkennenswerthe. Die Methode liefert beiläufig sieben vollständige Helligkeits-Bestimmungen in zwei Stunden.

Der Eindruck des Ganzen ist der einer sehr gehaltreichen aber unvollendeten Aufzeichnung, die das hier zu verfolgende Ziel fest im Auge behält, im Allgemeinen nichts, das nicht zur Sache gehört, vorbringt, die aber wesentlicher Ergänzungen und einer Überarbeitung bedarf. Von der verfügbar gewesenen Zeit scheint denn auch hier wenig mehr als ein Jahr benützt zu sein. Auf dem vom Verfasser eingeschlagenen Wege wäre übrigens das, was die Aufgabe fordert, vermuthlich sehr wohl zu leisten und mit verhältnissmässig leichter Mühe ein grosser Fortschritt denkbar in der Photometrie des Himmels. Für die mit der Literatur des Gegenstandes bekannten Leser ist der Verfasser unschwer zu errathen, und es wäre allerdings mehr im Sinne solcher Arbeiten gelegen, wenn der Verfasser sich etwas sorgfältiger verborgen zu halten für gut gefunden hätte.

Die dritte Schrift, mit dem lateinischen Motto, bemüht sich vor allem den Fragepunkt der Preisaufgabe zu verrücken, indem die beiden hier auftretenden Beobachter von der Ansicht ausgehen, dass „einiges nachhaltendes Verdienst den isolirten Bestrebungen am ersten dann zufallen würde, wenn es ihnen gelänge, durch den Nachweis von der Zuverlässigkeit photometrischer Resultate jenen Zeitpunkt näher zu bringen, wo Sternwarten solche Beobachtungen in den Kreis ihrer regelmässigen Thätigkeit gezogen haben werden". Wenn nun der Verfasser weiter den Schluss zieht, es sei der Akademie eigentlich darum zu thun gewesen, möglichst verschiedene Beobach-

tungsmethoden in's Leben zu rufen, so entspricht er auch dieser von ihm in die Preisfrage gelegten Forderung nicht, da hier eben eine längst bekannte Methode, nämlich das Steinheil'sche Objectiv-Photometer in Anwendung gebracht wird. Die Rechtfertigung aber der Fragestellung, so wie sie lautet, liegt schon in den beiden, namentlich in der zweiten der oben besprochenen Abhandlungen, deren Anlage ganz dazu gemacht war, während der sechs Jahre der Ausschreibung auch durch einen einzelnen Beobachter bedeutende Fortschritte in unserer Kenntniss der Sterngrössen zu erzielen.

Ungeachtet dieser Einleitung aber verfährt der Verfasser der dritten Concurrenzschrift gewissermassen im Sinne der Preisfrage, indem er es wenigstens nicht an einer systematischen Anordnung seiner Bestimmungen fehlen lässt. Zuerst wird ein Netz ziemlich gleich vertheilter Sterne über den Himmel gelegt, nicht nur um in den verschiedenen Gegenden des Firmamentes Vergleichpunkte zu erhalten, sondern auch, um über die Extinctionsconstante sicher zu urtheilen. Zur Herstellung eines „doch etwas ausgedehnten vorläufigen Kataloges von Helligkeiten" werden daran alle nördlichen Sterne bis herab zur 3. 4. Grösse und der grössere Theil der Sterne 4. 3. Grösse geknüpft, und so im Ganzen 208 Sterne in Untersuchung gezogen. Offenbar bewog erst die wiederholte Ausschreibung des Preises zu fortgesetzter Arbeit, die auch nur in den seither verflossenen drei Jahren bei zu solchem Zwecke glücklicher gewählten Hilfsmitteln mit der angewandten grossen Mühe der geforderten „Ausdehnung" der Bestimmungen leicht hätte mehr entsprechen können. Die Beobachter kämpfen überdies, wie man an mehreren Stellen sieht, mit dem bekannten Nachtheile ihres Instrumentes, dass die Identität eines Sternes oft schwer festzustellen ist, und haben mit örtlichen Hindernissen zu schaffen, die ihre Ausdauer in um so rühmlicheres Licht setzen. Die Methode liefert etwa fünf vollständige Helligkeitsbestimmungen in zwei Stunden. Der Einfluss von Farbenunterschieden auf die Messungen der Helligkeit bleibt ganz unbeachtet, obschon mehrere bedenkliche, gerade der angewandten Methode eigene, dahin gehörende Erscheinungen erwähnt werden. Der Prüfung des Extinctionsgesetzes wird nahe die Hälfte der Abhandlung gewidmet, was bei der Wichtigkeit einer genauen Kenntniss der atmosphärischen Absorption wohl zu rechtfertigen wäre, wenn der grosse Umfang dieser Untersuchung nicht haupt-

sächlich nur durch verschiedene Prüfungen der erhaltenen Resultate eingenommen würde. Diese Resultate selbst aber sind blos auf dem bekannten, empirischen Wege abgeleitet. Die Untersuchung über die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungen ist sehr gründlich und in Bezug auf die gebrauchte Methode vielfach lehrreich. Den Schluss der Arbeit bilden interessante aber nicht eigentlich in den Bereich der Preisfrage schlagende Betrachtungen über das Verhältniss der Schätzungen mit freiem Auge zu photometrischen Bestimmungen, über die Summe alles Lichtes der Sterne bis 3. 4. Grösse etc. Einer weiteren Untersuchung, über die Vertheilung der verschiedenen Sterngrössen im Raume fehlt es offenbar noch an den nöthigen Grundlagen. Was hierauf von Veränderlichen gesagt wird, so wie über den Einfluss der Heiterkeit, des Funkelns, des Standes von Barometer und Hygrometer u. s. w., bildet Ausgangspunkte künftiger Arbeiten, ohne die betreffenden Fragen jetzt schon irgend spruchreif zu machen.

Das Ganze trägt unverkennbar den Charakter eines, wenn auch sehr werthvollen Bruchstückes, wie denn der Verfasser, der sich nur eben nicht nennt, aber sonst deutlich zu erkennen gibt, geradezu gesteht, dass er damit eine Fortsetzung seiner bekannten, schönen Arbeiten auf photometrischem Gebiete liefere, die er gelegentlich wieder weiter zu führen gedenke. In theoretischer Beziehung steht diese Abhandlung unter den vorliegenden Concurrenzschriften oben an, entspricht aber den eigentlichen Forderungen der Preisfrage im Allgemeinen eben so wenig als die beiden anderen Elaborate.

Was den wahrscheinlichen Fehler betrifft, welchen die Verfasser der drei Concurrenzschriften für ihre Helligkeitsmessungen finden, so beträgt derselbe bei Abhandlung I und II 2·5—3·5, bei III 5·8 Proc. der Helligkeit, wie dies aus Mitteln mehrerer Bestimmungen folgt, deren jede wieder auf mehreren einzelnen Beobachtungen beruht. Vergleicht man aber die Helligkeit von Sternen, welche in sämmtlichen Abhandlungen gemessen sind, unter einander, so scheinen die hierbei hervortretenden Unterschiede bisher unbekannte, theils in subjectiven Auffassungen, theils in den Apparaten liegende Fehlerquellen und eine weit geringere Präcision als die obige anzudeuten.

Alle drei Abhandlungen sind übrigens so bedeutend, in so vielfacher Beziehung neu und instructiv, dass man die Publication des

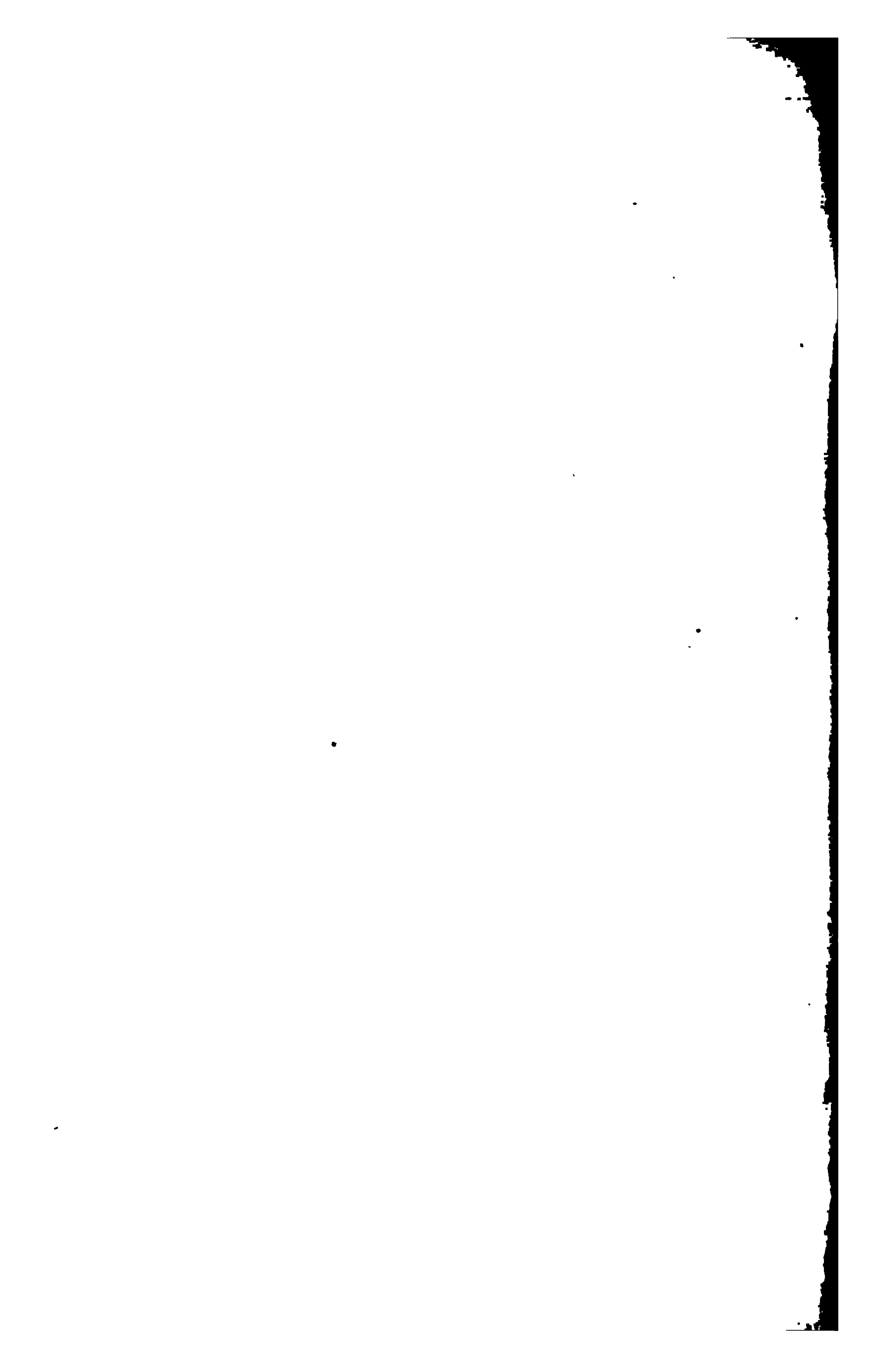
wesentlichen Inhaltes derselben sehr wünschen muss. Die Änderungen, welche für solchen Zweck im Umfange und in der Fassung der Manuscripte vorzunehmen wären, würden gewiss den Autoren selbst nöthig erscheinen, sobald sie an die Bekanntmachung ihrer Arbeiten gingen.

Aus dem Obigen geht hervor, dass nach dem Dafürhalten der Unterzeichneten keine der drei Abhandlungen mit dem Preise zu betheilen sei; hingegen stellen die Unterzeichneten den Antrag, dass allen drei Verfassern anheimgegeben werde, ob sie ihre Arbeiten nach den hiezu nöthigen mit der Akademie zu vereinbarenden Redactionen auf Kosten der Akademie und gegen das übliche Honorar in Druck gelegt sehen wollen. In diesem Falle würde jeder der Concurrenten, der auf diesen Vorschlag eingeht, seinen Namen zu nennen und die so gedruckten Abhandlungen auf dem Titel die Bemerkung „von der kaiserl. Akademie publicirt“ zu tragen haben.

Wien, den 15. Mai 1861.

Kreil, Stampfer, Koller, Littrow, Hornstein.

Die mathem.-naturw. Classe hat in ihrer Sitzung am 28. Mai den obigen Beschluss einstimmig genehmigt.



Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden Ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.





